Grundriss der Physiologie des Menschen.

Grundriss

der

Physiologie des Menschen

von

Dr. Karl Vierordt,

Professor der Physiologie an der Universität Tübingen.

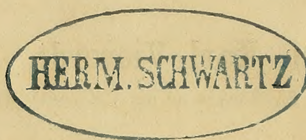
Zweite verbesserte Auflage.

Mit 208 Figuren in Holzschnitt.

Tübingen, 1862.

Verlag der H. Laupp'schen Buchhandlung.

— Laupp & Siebeck. —



Druck von H. Laupp in Tübingen.

Vorwort.

In einer Wissenschaft, welche, wie die Physiologie, an Umfang und Verschiedenheit ihrer Aufgaben, sowie an Mannigfaltigkeit der Hülfsfächer von keiner anderen Naturwissenschaft übertroffen wird, ist es unvermeidlich, dass die Ansichten über materielle und formelle Behandlungsweise auseinander gehen, und das um so mehr, wenn die Hülfsfächer selbst von dem Begabtesten heutzutag nicht mehr gleichmässig bewältigt werden können und, wie die mikroskopische und vergleichende Anatomie, die Entwickelungsgeschichte, die organische Chemie, die Physik und Mechanik, sowie das weite Gebiet der Medicin selbst, im regesten Fortschreiten begriffen, von Jahr zu Jahr eine Fülle neuer Probleme und Resultate, sowie fruchtbarer, die physiologische Technik selbst erweiternder Untersuchungsmethoden bieten.

Wenn ich bemüht gewesen bin, den anerkannten Hauptrichtungen des physiologischen Studiums gerecht zu werden, so geschah das allerdings nicht mittelst, den Einzelabschnitten regelmässig vorangeschickter Einleitungen, in denen die für das Verständniss der physiologischen Lehrsätze unentbehrlichen Thatsachen der Anatomie, Chemie und Physik jedesmal eine gleichmässige Berücksichtigung gefunden hätten, ein Verfahren, wodurch zudem die Darstellung leicht Gefahr läuft, ihren eigentlichen physiologischen Charakter zu verlieren. Es wurden desshalb und in Berücksichtigung der ausschliesslich didaktischen Aufgabe dieses Buches, vorzugsweis diejenigen propädeutischen Sätze hervorgehoben, welche in den Lehrbüchern der Anatomie, Chemie und Physik nicht so schnell aus dem übrigen Zusammenhang herausgelesen oder zur richtigen und vollständigen physiologischen Verwendung gebracht werden können. Dass aber Letzteres ungleich häufiger sich wiederholt bei physikalisch-mechanischen Fragen, als bei den, dem Anfänger in der Regel viel bekannteren, anatomischen oder chemischen, versteht sich, gegenüber der Natur jener oftmals schwierigen Probleme, die nur im breiten, folgerichtigen Zusammenhang mit einer Reihe verwandter Thatsachen und Theoreme begriffen werden können, von selbst. Die Schwierigkeiten aber sind es, welche die grössere oder geringere Ausführlichkeit in den einzelnen Theilen eines Lehrbuches vorzugsweise bestimmen müssen.

Damit bekenne ich zugleich, dass ich die Darstellung einer physiologischen Function nicht abhängig mache von dem, der Wissenschaft als solcher ganz fremden und vielfach auch einer bloss subjektiven Schätzung anheimgestellten Dignitätsgrade, welchen die Funktion für den Organismus hat. Das Sprechen, die Stimme, das Gehen und Stehen, die, nebst anderen Functionen, als sog. «Fertigkeiten» nicht selten hinter den übrigen Capiteln bedeutend zurückstehen müssen, gehören zu den für das erste Studium schwierigeren Theilen der Physiologie; sie bieten aber auch eine gewisse Abrundung und Folgerichtigkeit ihrer Lehrsätze, sowie sehr werthvolle Beispiele, wenn es sich um die, das Verständniss physiologischer Erscheinungen ganz besonders fördernde, Vergleichung der mechanischen Einrichtungen des Organismus mit analogen Leistungen von Maschinen und physikalischen Apparaten handelt. Dadurch werden sie, wie auch der Kreislauf, das Athmen, die Sinne und manche Theile der Muskel- und Nervenphysiologie vom methodischen Standpunkt aus wichtig und für den Lernenden in hohem Grade bildend und fördernd.

Auf die Darstellung der einzelnen Funktionen, welche den hergebrachten Inhalt unserer Wissenschaft bildet, lasse ich einen kurzen Abriss der physiologischen Entwickelungsgeschichte, sowie eine Schilderung der wichtigsten normalen Körperzustände folgen. Ich bin überzeugt, dass eine Physiologie der Lebensalter, Geschlechter, Körperkonstitutionen u. s. w., sowie der durch äussere atmosphärische Einflüsse und durch die Einzelfunctionirungen selbst (Verdauung, Bewegung u. s. w.) so vielfach modificirten Zustände des Gesammtorganismus, wenn dieselbe im Zusammenhang und als Ganzes gegeben wird, einem wissenschaftlich wie praktisch sehr wohl begründeten Bedürfniss entgegenkommt, welchem bisher — wie ich ohne Anmaassung behaupten darf — niemals in seinem vollen Umfang und nach seiner wahren Bedeutung entsprochen worden ist. Möge die Anerkennung, welche auch dieser, formell neue Theil meines Buches gefunden hat, Andere, namentlich physiologisch gebildete erfahrene Aerzte bestimmen, das, was hier nur in kurzen Umrissen erörtert werden kann, weiter auszuführen und dadurch die so nahe verwandten und ohne gegenseitigen Schaden niemals zu trennenden Gebiete der Physiologie und der Medicin in immer fruchtbarere Wechselbeziehungen zu bringen.

Die vorliegende zweite Auflage hat, obschon kaum ein Jahr seit Beendigung der ersten verstrichen ist, gleichwohl in vielen Abschnitten, namentlich in IV, VII, VIII, X, XIV, XV und XIX wesentliche Veränderungen und Zusätze erfahren; die Statik des Stoffwechsels, das binoculare Raumsehen und einige andere Theile der Physiologie des Gesichtssinnes sind vollständig umgearbeitet worden.

Tübingen im März 1862.

Karl Vierordt.

Inhalt

I. Einleitung.

1. Aufgabe.

Die Physiologie betrachtet die Verrichtungen und Thätigkeiten der Organismen nach ihren äusseren Erscheinungsweisen und den denselben zu Grunde liegenden Gesetzen. Unsere Darstellung bezieht sich vorzugsweise auf die Physiologie des Menschen.

Diese Beschränkung der Aufgabe ergiebt sich aus der Stellung, welche die Physiologie der Medicin gegenüber einnimmt und in Zukunft in noch höherem Grade gewinnen wird. Indem sie nämlich eine der wichtigsten Grundlagen der Medicin überhaupt und das eigentliche Fundament des erklärenden, also des strengwissenschaftlichen Theiles der Medicin insbesondere darstellt, kann sie sich nicht bloss mit einer allgemeinen, mehr schematischen Betrachtung der thierischen Funktionen begnügen, sondern sie hat ganz besonders nachzuweisen, wie eben im menschlichen Organismus die speciellen Verrichtungen gestaltet sind. Von einer umfassenderen vergleichenden Darstellung, dieser unstreitig höchsten und schönsten Aufgabe der Physiologie, kann ohnediess gegenwärtig die Rede noch nicht sein. Das casuistische Studium der Verrichtungen in verschiedenen Thieren, ja selbst die äussere Kenntniss völlig neuer Lebenserscheinungen in gewissen Thierklassen, sie führen aus dem Bereich des bloss descriptiven Standpunktes nicht hinaus. Wir werden übrigens selbstverständlich an den sehr wenigen Punkten, wo unser Wissen zu einem wahrhaft comparativ-physiologischen sich erhoben hat, wo nämlich die speciellen Erscheinungen sich mit Nothwendigkeit ableiten lassen aus allgemeinen, eine grössere Thierreihe beherrschenden Gesetzen, den betreffenden Lehrsätzen besondere Sorgfalt zu widmen haben.

2. Eintheilung.

I. Physiologie der Functionen. Diese betrachtet die einzelnen Verrichtungen des Organismus, sowohl an und für sich, als in ihren Wechselbeziehungen.

II. Physiologie des Gesammtorganismus (Specielle Physiologie). Gewisse Besonderheiten einzelner oder vieler Functionirungen unterscheiden die Individuen derselben Art von einander, sowie dasselbe Individuum zu verschiedenen Zeiten. Daraus ergibt sich eine grosse Reihe specieller Körperzustände. Die Schilderung sehr vieler derselben: der Krankheiten nämlich und der Arzneiwirkungen, gehört anderweitigen Disciplinen an, während die specielle Physiologie die in den Bereich des gesunden Lebens fallenden Zustände des Gesammtorganismus im Zusammenhang betrachtet.

Die zahlreichen Körperzustände, die der speciellen Pathologie anheimfallen, charakterisiren sich häufig durch auffallende anatomische und functionelle Merkmale.

Darin, sowie in ihrer unmittelbaren praktischen Wichtigkeit, liegt der Grund, weshalb viele derselben, wenigstens nach ihren äusseren Erscheinungsweisen, genauer gekannt und besser umgrenzt sind als die in den Bereich des gesunden Lebens fallenden Zustände des Gesammtorganismus. Die Aufstellung einer „speciellen Physiologie“ in unserem Sinn als ergänzendes Gegenstück der speciellen Pathologie ist ein unabweisbares Bedürfniss für die Medicin sowohl als für die Physiologie, deren Aufgabe mit der Betrachtung der Einzelfunktionen keineswegs erschöpft sein kann.

3. Verhältniss zur Pathologie.

Die einzelnen Lebensthätigkeiten verlaufen in gesunden Zuständen innerhalb gewisser Grenzen, welche wegen der, den Organismus treffenden, an bestimmte Intensitäten gebundenen äusseren Einflüsse und vermöge der, jeder Function von vornherein gegebenen Einrichtungen, nicht überschritten werden. Unter Umständen aber treten die Functionen heraus aus diesen Schranken; der Organismus ist jetzt gestört, er ist krank. Es haben Ursachen eingewirkt, durch welche ein oder mehrere Processe in ungewöhnlicher Weise verändert, gesteigert oder herabgesetzt und somit auch in ihren Wechselwirkungen mit andern Functionen gestört wurden. Dabei treten aber keineswegs völlig neue, mit den gesunden Zuständen keine Analogieen bietende Processe auf; principielle Unterschiede der Lebensgesetze in gesunden und kranken Zuständen finden durchaus nicht statt, sondern es sind in Krankheiten nur gewisse Bedingungen verändert, unter denen diese Gesetze zur Wirksamkeit gelangen. Desshalb existiren die mannigfaltigsten und unmerklichsten Uebergänge zwischen den Funktionirungen des gesunden und kranken Lebens. Da in die Categorie der Gesundheit eine Menge der verschiedenartigsten Zustände des Gesammtorganismus fallen, was in ungleich weiterem Umfang von den Krankheiten gilt, so lässt sich auch nichts Gemeinsames und Unterscheidendes aussagen über die Natur und das Wesen der Vorgänge, die im normalen Organismus ablaufen im Gegensatz zu dem erkrankten. Alle Unterscheidungen, die von gewissen Standpunkten und Bedürfnissen aus geltend gemacht werden müssen, beziehen sich somit mehr oder weniger auf Aeusserlichkeiten.

Physiologie und Pathologie sind innig mit einander verbundene Fächer. Ein Fortschritt auf dem einen Gebiet bereichert in der Regel, unmittelbar oder mittelbar, auch das andere und wenn es physiologische Resultate gibt, denen kein Seitenstück gegenübersteht auf dem entsprechenden Felde der Pathologie, so verhält es sich, wenigstens was die empirischen Thatsachen betrifft, häufig auch umgekehrt. Die besten Aufschlüsse erhält man nicht selten, wenn man die Funktionen unter extremen Bedingungen studirt, und gerade solche finden häufig statt in krankhaften Zuständen, in welchen zudem die Natur öfters in einer Weise experimentirt, wie es dem künstlichen Versuch geradezu unmöglich wäre. Einseitig ist somit die Definition der Physiologie als Lehre von den Körperfunctionen in gesunden Zuständen.

4. Untersuchungsobjecte.

1) Man sucht durch Combination physikalischer oder chemischer Hülfsmittel gewisse, im Organismus vorkommende Phänomene künstlich nachzumachen.

Solche Combinationen bieten natürlich bloss allgemeine Analogien mit manchen organischen Vorgängen, immerhin aber gestatten diese, verhältnissmässig einfachen und willkürlich abzuändernden Anordnungsweisen werthvolle Rückschlüsse wenigstens auf die allgemeinen Bedingungen und Gesetzmässigkeiten vieler physiologischen Er-

scheinungen. So studirt man z. B. gewisse Erscheinungen des Stoffwechsels an den viel einfacheren Vorgängen der physikalischen Endosmose; man konstruirt hydraulische Apparate zur Versinnlichung von Einzelerscheinungen des Blutlaufes u. s. w.

2) Man experimentirt an abgelösten Bestandtheilen des Organismus, vorausgesetzt, dass die Theile ihre wesentlichsten Lebenseigenschaften noch bewahrt haben.

Man untersucht z. B. die Wirkungen der einzelnen, dem Körper entnommenen Verdauungssäfte auf die Nährstoffe; man erforscht die Gesetze der Muskelthätigkeit an auspräparirten Muskeln u. s. w. Die Analogie mit den Vorgängen im unversehrten Körper ist hier viel grösser als im ersten Fall.

3) Man erforscht die Lebenserscheinungen an gesunden oder erkrankten Organismen selbst, entweder beobachtend oder experimentirend, indem man in letzterem Fall das Beobachtungsobject willkürlich, unter Umständen in eingreifender Weise (z. B. Vivisectionen) verändert. Dabei wird vorausgesetzt, dass der Versuch keine Störungen setze, deren Folgen ganz unberechenbar sind, wie es in vielen fehlerhaft angelegten Versuchen der Fall ist.

Dass der Organismus selbst, wenn es irgend ausführbar ist, den Vorzug verdient vor den übrigen Versuchsobjecten, ist einleuchtend. Eine in neuerer Zeit mit Consequenz verfolgte Hauptaufgabe der Physiologie liegt darin, Mittel zu ersinnen, um die Functionen des Menschen in ihren feineren Nüancirungen untersuchen zu können. Sind diese Methoden leicht und schnell ausführbar, so können sie selbst Eingang finden im gewöhnlichen praktischen Leben.

5. Grade der physiologischen Erkenntniss.

1) Man kennt eine Erscheinung vorerst bloss an und für sich und nach ihren Aeusserlichkeiten (Descriptive Physiologie). Im günstigsten Fall gelingt es noch, den Intensitätswerth derselben messen zu können (Aufstellung der so wichtigen physiologischen Durchschnittswerthe und der Schwankungsgrenzen).

2) Man ermittelt von zweien, neben oder nach einander konstant auftretenden Erscheinungen, dass sie sich gegenseitig verhalten wie Ursache und Wirkung. Unter Umständen lassen sich diese Beziehungen schärfer formuliren, wenn nämlich die Intensitätswerthe beider messbar sind. Man bemerkt dann, dass mit variabler Intensität der Ursache (Urvariabeln) die Grösse der Wirkung (Abhängigvariabeln) ebenfalls wechselt.

3) Man weist die Wirkungsweise der, eine Erscheinung bedingenden Ursache nach, d. h. man gelangt zur Theorie der Erscheinung. Die Erklärung wird vollständig und nimmt eine strengere, unwiderlegliche Form an, wenn es, was bei der Complication der organischen Processe bis jetzt nur selten möglich war, gelingt, aus der Grösse der Ursache die Grösse der Wirkung mit Sicherheit bestimmen zu können.

Ein Beispiel wird diese 3 Stufen klar machen.

Der Athemprocess ist begleitet von einer Ausscheidung von Kohlensäuregas aus dem durch die Lungencapillaren fliessenden Blut in die Luft der Lungenbläschen. Diese Kohlensäuremenge wird bestimmt, man erhält die betreffenden physiologischen Durchschnitts- und Grenzwerthe.

Man bemerkt ferner, dass die Kohlensäure zunimmt mit wachsender Zahl der Athemzüge; man ist selbst im Stande, die Abhängigkeit der Kohlensäurewerthe von

der Frequenz der Athemzüge (resp. der Menge der in einer bestimmten Zeit eingeathmeten Luft) in Zahlenwerthen nachweisen zu können. (Empirisches Gesetz.)

Aus letzteren Versuchen geht hervor, dass der procentige Kohlensäuregehalt der Lungenluft abnimmt mit zunehmender Zahl der Athemzüge. Darin liegt der Schlüssel zur Erklärung der Kohlensäureausscheidung überhaupt; man kommt zum Schluss, dass sie regulirt wird durch die Differenz der Spannungen der Kohlensäureatmosphäre der Lungenluft und der im Blut enthaltenen Kohlensäure. Der Vorgang ist somit zurückgeführt auf die speciellen physikalischen Bedingungen, welche demselben zu Grunde liegen, d. h. er ist physiologisch erklärt.

6. Das Organische im Gegensatz zu der übrigen Natur.

Obschon wir berechtigt sind, die Natur einzutheilen in eine unorganische und eine organische, so gelingt es doch nicht, den Begriff des Lebens genügend definiren und allgemein gültige, scharfe Unterschiede zwischen Lebendigem und Unlebendigem aufstellen zu können.

Die in den höchst entwickelten Organismen ablaufenden Thätigkeiten sind: 1) solche, welche die vollkommenste, innere und äussere Analogie bieten mit Phänomenen der unorganischen Natur; 2) solche, welche principiell durchaus nicht verschieden sind vom unorganischen Geschehen, sondern bloss durch die mehr oder weniger eigenthümlichen und speciellen Bedingungen, unter denen sie in die Erscheinung treten, z. B. viele Vorgänge des organischen Stoffwechsels; endlich 3) solche, die, äusserlich wenigstens, gar kein Analogon haben mit Erscheinungen der übrigen Natur. Manche dieser letzteren Phänomene lassen jedoch die Vorstellung recht wohl zu, dass sie das Resultat sein werden ausserordentlich complicirter, im Detail freilich gänzlich unbekannter physikalisch-chemischer Kräfte, z. B. die Zeugung der Organismen; während endlich andere, nämlich die seelischen Thätigkeiten, vollkommen isolirt und unvermittelt dastehen.

Daraus ergiebt sich von selbst, was von eigenthümlichen Lebenskräften zu halten sei, mit denen der Vitalismus früher besonders freigebig war. Erfahrung und Ueberlegung führen die Physiologie nicht minder wie die übrigen Naturwissenschaften zur Annahme der Unveränderlichkeit der Naturgesetze unter allen Umständen, so dass die in das engere Gebiet der Physiologie fallenden Erscheinungen nur betrachtet werden können als Wirkungen der unter ganz besonderen und eigenthümlichen Bedingungen in Wirksamkeit tretenden Naturkräfte. Gegenüber den psychischen Erscheinungen aber, welche nicht einmal eine entfernte Analogie zeigen mit den Grundgesetzen der materiellen Welt und die wir somit bloss in ihren Aeusserlichkeiten auffassen können, begnügt sich die Wissenschaft mit dem offenen Bekenntniss, dass sie jeder Erklärung unzugänglich sind.

Alle Probleme der Physiologie im engeren Sinne sind in letzter Instanz physikalisch-chemischer Natur. Die Lebenserscheinungen sind demnach zunächst erklärt, wenn es gelingt, sie zurückzuführen auf ihre mechanischen oder chemischen Bedingungen. Als nicht minder wichtig und einer lebendigen Auffassung der Physiologie würdig tritt alsdann noch die Aufgabe hervor, die Bedeutung dieser physikalisch-chemischen Vorgänge für den Organismus selbst, möglichst allseitig zu erforschen, d. h. die so mannigfaltigen Verwerthungen physischer und chemischer Mittel für den organischen Haushalt kennen zu lernen. So sind z. B. die Einzelerscheinungen des Fliessens des Blutes in den Capillargefässen gut ableitbar aus mechanischen Bedingungen; die Aufgabe des Physiologen ist aber hier erst dann als erschöpft zu be-

trachten, wenn der Nachweis gelingt, welche Bedeutung diese Erscheinungen, z. B. das langsame Strömen, die Bildung einer blutkörperchenfreien Wandschicht u. s. w. für die übrigen Funktionen, z. B. die Ernährung, haben.

7. Vielseitigkeit der organischen Leistungen.

Jeder höher entwickelte Organismus bietet eine ausserordentliche Mannigfaltigkeit von Einzelleistungen. Dadurch unterscheidet er sich sehr wesentlich von den zusammengesetztesten und kunstvollsten Arbeitsmaschinen, welche, gegenüber dem wunderbaren Mechanismus des Thierleibes, immer nur höchst einfache und auf wenige Endzwecke gerichtete Vorrichtungen darstellen. Diese Vielseitigkeit findet sich aber auch wieder bei jeder organischen Einzelleistung, so dass jede, auf den ersten Blick bloss für einen bestimmten Effect geschaffene Einrichtung eine Reihe von Nebeneffecten setzt, welche der gesammten Organisation zu gut kommen.

Indem die physiologischen Phänomene ausgezeichnet sind durch ihre oftmals ganz ausserordentlichen Verwickelungen und jeder, selbst der relativ einfachere Vorgang in letzter Instanz abhängt von einer Mehrheit oder Vielheit von Bedingungen, während er wiederum eine Vielheit von Wirkungen setzt; so müssen der physiologischen Forschung ungleich grössere Hindernisse entgegentreten, als es der Fall ist in den übrigen erklärenden Naturwissenschaften. Diese Vielgestaltigkeit der physiologischen Phänomene ist aber auch in hohem Grade geeignet, jedem einzelnen Abschnitt der Physiologie einen eigenthümlichen Reiz der Neuheit und Originalität zu verleihen und das Studium zu einem der interessantesten im Gesammtgebiet des Naturwissens zu machen.

Auf der andern Seite gewährt gerade die Vielheit der organischen Einzelleistungen, sowie das Ineinandergreifen derselben, manche Erleichterungen für die Forschung, so dass eine physiologische Thatsache selten vereinzelt dasteht, sondern sogleich verwerthbar wird für anderweitige Probleme. Wir besitzen somit ein schätzbares Mittel, Vorgänge, die sich der unmittelbaren Beobachtung entziehen, indirect, d. h. in ihren Wirkungen, untersuchen zu können. So waren z. B. mehrere indirecte Beweise für eine grosse Geschwindigkeit des Blutlaufes längst vorhanden, ehe dieselbe durch den unmittelbaren Versuch ermittelt worden ist. Die Physiologie des Menschen, welcher alle in den Organismus stark eingreifenden Untersuchungsmethoden versagt sind, wird sich diese Verhältnisse um so mehr zu Nutzen machen, je mehr sie in die gegenseitige Abhängigkeit der Erscheinungen eingedrungen sein wird.

In der gegenseitigen Bestimmbarkeit der organischen Phänomene und in der, an jede Einzelerscheinung gebundenen Vielseitigkeit der Wirkungen, liegt übrigens durchaus nichts Unterscheidendes zwischen dem Organischen und dem Unlebendigen. Wir finden in dem letzteren dieselben Verhältnisse wieder, nur mit dem für die Forschung sehr erheblichen Unterschiede, dass der Zusammenhang der organischen Einzelthätigkeiten der Beobachtung häufig näher liegt, weil dieselben im Thierleibe in unmittelbarere Verbindung mit einander gebracht sind, während die Forschung sehr bald den Faden verliert, wenn es sich handelt um die Verfolgung der Wirkung einer gegebenen Ursache in dem Gesammthaushalt der Natur, der ein unendlich komplicirteres Ganze darstellt als die kleine Welt von Erscheinungen, die in einem Organismus

vereinigt sind. Ein nicht unerheblicher formeller Unterschied zwischen dem Organismus und dem Unlebendigen würde somit darin gegeben sein, dass die in dem ersteren ablaufenden Thätigkeiten zu einer geschlossenen Phänomenengruppe verbunden sind. Der Organismus stellt demnach, trotz der Vielseitigkeit seiner Leistungen im kleinen Raume, eine Vereinigung einer bestimmten und relativ beschränkten Zahl von Kräften und Erscheinungen dar.

8. Veränderlichkeit der Körperzustände.

Mit der Mannigfaltigkeit der organischen Leistungen hängt unmittelbar zusammen eine überraschende Veränderlichkeit des Organismus im Ganzen und in seinen einzelnen Verrichtungen. Die Massen, welche den Körper constituiren, geben physikalischen wie chemischen Anstössen leicht nach, vermöge ihrer labilen physikalischen Anordnungsweise und der geringen Affinität, welche die näheren Bestandtheile vieler organisch-chemischen Verbindungen gegen einander äussern.

Eine und dieselbe Grösse einer physiologischen Leistung kann ermöglicht werden durch wechselnde Intensitäten ihrer einzelnen Ursachen. Bei abnehmender Grösse einer oder mehrerer Ursachen können nämlich anderweitige Ursachen mit erhöhter Stärke eingreifen, so dass für die Endleistung der frühere Intensitätswerth gesichert bleibt. Jede Function bietet Beispiele dieses, im Organismus sehr viel mehr als in künstlichen Apparaten realisirten, dem Organismus in hohem Grade zu gut kommenden Compensationsvermögens dar. So kann, um nur ein einfaches Beispiel anzuführen, dasselbe Volum Einathmungsluft hergestellt werden durch die mannigfaltigsten Combinationen der Dauer und der Tiefe der einzelnen Athemzüge.

9. Gliederung der organischen Funktionen.

Diese zerfallen in zwei Hauptgruppen:

1) *Erscheinungen des Ortswechsels der organischen Materie und des Stoffumsatzes* (sogenannte vegetative Verrichtungen). Charakteristisch für das Leben ist die Bewegung, der Umtrieb der Bestandtheile des Körpers. Diese Bewegungen sind entweder reine Ortsbewegungen (abhängig von Schwerewirkungen, oder von bloss in die Nähe wirkenden Molecularkräften). Ein Molekel wird, ohne seine chemische Constition zu ändern, nach und nach integrirender Bestandtheil verschiedener Körpertheile und ist dadurch befähigt, die verschiedensten Leistungen mit bedingen zu helfen. Oder diese Bewegungen sind verbunden mit chemischen Veränderungen, indem ein chemischer Bestandtheil eine Reihe von Umsetzungen eingeht. Die wichtigsten der hieher gehörigen Einzelverrichtungen sind: Verdauung, Aufsaugung, Chylus- und Blutbildung, Blutumlauf, Ernährung der Organe, Lymphbildung, Athmen, Hautausscheidungen, Harnbildung, thierische Wärme und endlich die generativen Functionen.

2) *Thätigkeiten des Nerven- und Muskelsystems* (animale Functionen; charakteristisch für das Thier gegenüber der Pflanze). Darunter begreift man die Muskelthätigkeiten, Sinnesempfindungen, die Wahrnehmungen eigener Körper-

zustände, die direkten Einflüsse des Nervensystems auf die vegetativen Processe und endlich die psychischen Thätigkeiten.

Da aber die Nerven und Muskeln auf das vielfachste in die vegetativen Thätigkeiten eingreifen und umgekehrt, so ist die Betrachtung der Functionen in obiger Reihenfolge für unsere Zwecke weniger vortheilhaft; wir schlagen somit folgende, das Zusammengehörige möglichst beisammen lassende, Ordnung ein:

1) *Physiologische Grundfunctionen*, d. h. diejenigen, deren Kenntniss bei den Einzelfunctionen gefordert werden muss, da sie in jede oder doch eine Anzahl der letzteren mehr oder minder eingreifen. Wir haben demnach vorauszuschicken: das Blut, die Grunderscheinungen des Stoffwechsels, die allgemeine Nerven- und Muskelphysiologie, die thierische Electricität und die allgemeine Mechanik der Skeletbewegungen.

2) *Die Specialfunctionen.* Diese stellen oftmals sehr verwickelte Phänomenenreihen dar, welche aber, insofern sie bestimmte und eigenthümliche Endleistungen setzen, zunächst als abgesonderte Glieder des Ganzen aufgefasst werden können und bis zu einem gewissen Grade einer isolirten Betrachtung fähig sind.

Physiologie der Grundfunctionen.

II. Blut.

10. Organisation.

Das Blut, welches in beständigem Kreislauf in einem, in sich geschlossenen, vielverzweigten Röhrensystem umgetrieben wird, besteht aus der farblosen oder schwach gelblich gefärbten Blutflüssigkeit (Plasma) und den in dieser schwimmenden zuerst von Malpighi und Leeuwenhoek beschriebenen Blutkörperchen. Letztere stellen bei den Wirbelthieren entweder kreisrunde Scheiben mit schwacher Vertiefung in der Mitte jeder der beiden Scheibenflächen dar (Säugethiere), oder sie sind elliptisch (übrige Wirbelthierklassen). Man unterscheidet eine sehr zarte, zur Endosmose in hohem Grad befähigte, glatte Hüllmembran und einen etwas zähflüssigen, homogenen, röthlichen Inhalt, sowie auch bei den elliptischen einen distinkten Kern. Der grosse Durchmesser des menschlichen Blutkörperchens beträgt im Mittel $^1/_{132}$ Millimeter, der kleine ist etwa $3^1/_2$ mal kleiner. Neben den gefärbten enthält das Blut noch einzelne, den Lymphkügelchen vollkommen gleichende, farblose Körperchen (J. Müller) von kugeliger Form, granulirt auf ihrer Oberfläche und weniger zur Endosmose geneigt, also mit trägerem Stoffwechsel begabt, als die farbigen Körperchen.

11. Menge der Blutkörperchen.

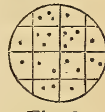
Auf etwa 350 farbige kommt ein farbloses Körperchen (Moleschott); im Milzvenenblut jedoch finden sich letztere in sehr grosser Menge. Die Körperchen sind selbst in einem winzigen Bluttröpfchen zahllos; die absolute Menge derselben in einem gegebenen Blutvolum kann jedoch bestimmt werden (Vierordt), wenn man 1) ein minimstes Volum verdünnten Blutes scharf abmisst, so dass das Zählen wenig Mühe fordert und 2) daraus ein Präparat herstellt, in welchem die Körperchen, gut erhalten, genau gezählt werden können. 1 Kubikmillimeter Menschenblut hält sehr nahezu 5 Millionen Blutkörperchen (also etwa 14,000 farblose). Die Zahlen variiren übrigens in hohem Grade bei gesunden Thieren derselben Art, was auch Nasse und Stöltzing bestätigen. Kaninchen 2,700,000

bis fast 6 Millionen, Hund 4,090,000 bis 5,460,000; Murmelthier zu Anfang des Winterschlafes 5,800,000, zu Ende 2,300,000.

Zuerst wird ein abgemessenes Blutvolum mittelst eines abgemessenen Menstruums (schwache Lösung von Zucker und etwas Kochsalz) verdünnt und in letzterem durch Umrühren gleichmässig vertheilt. Dann lässt man in eine feine Capillare, Figur 1, eine minime Menge der Mischung aufsteigen und bestimmt unter dem Mikroskop die Länge a—a[1] der Flüssigkeitssäule der Capillare. Daraus, sowie aus dem Lumen der Capillare ergibt sich das Volum der Mischung und aus der bekannten Verdünnung (etwa 1000) das Volum des reinen Blutes. Der Inhalt der Capillare wird hierauf entleert auf ein Glasplättchen, mittelst einer Nadelspitze mit einem Minimum Gummilösung vermischt und zu einem länglichen Streifen ausgezogen, welcher sogleich erstarrt und die Blutkörperchen, wie eine Sternkarte enthält. Das Präparat wird mit einem, in viele Quadrate getheilten Glasmikrometer bedeckt und dann die Blutkörperchen der einzelnen Quadrate, Figur 2, der Reihe nach gezählt. Zu einer Bestimmung genügt ein Blutvolum von etwa 0,0005—0,0008 Kub. Millimet., sodass blos etwa 2000—3000 Körperchen gezählt werden müssen. Controllzählungen, indem dasselbe Blut in verschiedener Weise verdünnt, oder Capillaren von verschiedenen Durchmessern angewandt, oder endlich selbst reines Blut in die Capillare aufgesaugt wurde, zeigten, dass die Fehler meistens blos 2—3%, selten bis 5% betragen.



Fig. 1.


Fig. 2.

12. Chemische Bestandtheile des Blutes.

Das Blut ist der concentrirteste Saft des Körpers; das specifische Gewicht des gesunden Menschenblutes beträgt im Mittel 1055, die normalen Schwankungen liegen zwischen 1045—1060.

Keine Flüssigkeit des Organismus enthält so zahlreiche Einzelbestandtheile von verschiedener physiologischer Dignität, wie das Blut. Man unterscheidet 1) das Wasser, als allgemeines Menstruum sowie als Constituens der Blutkörperchen; 2) Stoffe, die dem Blute eigenthümlich sind, z. B. das Hämatin; 3) solche, die zur Ernährung der Gewebe dienen, z. B. das Eiweiss; 4) Ausscheidungsstoffe, die in den Organen oder in der Blutmasse selbst gebildet und in bestimmten Ausscheidungsorganen aus dem Blute entfernt werden. 5) Zufällige Bestandtheile, z. B. von Medicamenten: dieselben behaupten sich eine Zeit lang im Organismus, um endlich verändert oder unverändert wieder ausgestossen zu werden.

Das arterielle Blut ist gleich zusammengesezt in allen Arterien; in den Capillaren aber tritt das Blut in Wechselwirkungen mit den Organen, die nach Qualität und Quantität von der Natur der Organe selbst abhängen. Desshalb kann das zurückfliessende Venenblut in den verschiedenen Venen nicht genau gleiche Beschaffenheit haben. Diese Verschiedenheiten sind aber nur gering, ja sogar der Analyse in der Regel nicht einmal zugänglich, weil die Blutmasse, die in einer gegebenen Zeit einem Organ zuströmt, ausserordentlich grösser ist als die Massen, die das Blut an das Organ abgiebt und von demselben aufnimmt. Es strömen z. B. wohl 700 Pfunde Blut in 24 Stunden durch die Nieren, während bloss 2—3 Pfunde Harn gebildet werden.

Die chemischen Bestandtheile des Blutes zerfallen in 1) Eiweisskörper (Eiweiss, Käsestoff (?), Faserstoff, Globulin und die Grundlage der Blut-

körperchenhüllen); 2) Blutfarbstoff, 3) Fette, 4) Extractivstoffe, 5) Gase, 6) Anorganische Salze, 7) Wasser.

13. Eiweisskörper des Blutes.

I. Das Eiweiss kommt ganz vorzugsweise, wenn nicht ausschliesslich, im Plasma vor und zwar sowohl als freies Albumen, als auch verbunden mit Alkalien. Das Natron- und Kalialbuminat ist leichter löslich; auch befördert der Salzgehalt des Blutes die Auflösung des Albumen.

II. Das Vorkommen kleiner Mengen von Käsestoff unter gewissen Umständen (z. B. im Plasma Schwangerer und Säugender, nach Moleschott und Panum) ist strittig.

III. Globulin, die Eiweisssubstanz der Blutkörperchen; sie ist auch in der Krystalllinse des Auges enthalten. Durch einen Kohlensäurestrom wird sie gefällt aus ihrer wässrigen Lösung; der entstandene Niederschlag ist in reinem Wasser leicht löslich.

Funke entdeckte die Eigenschaft des aus der Ader gelassenen Blutes, beim Eintrocknen unter Umständen röthliche Krystalle zu bilden, beim Menschen und vielen Thieren in Form feiner prismatischer Nadeln oder rhombischer Tafeln. Nach Lehmann, der dieselben im Grossen darstellte, geben 100 Theile Blut 9—12 Theile Krystalle, deren Hauptbestandtheile zwei dem Globulin und dem Blutfarbstoff verwandte Körper sind. Aus Serum lassen sich derartige Krystalle nicht gewinnen.

IV. Faserstoff. Dieser, nur dem Plasma angehörende Bestandtheil ist ausgezeichnet durch seine spontane Abscheidung aus dem Blut, wenn dasselbe aus der Ader gelassen wird. Die Gerinnung erfolgt in 3 Stadien: 1) Zunächst bildet sich ein Häutchen auf der Oberfläche des Blutes und da, wo letzteres die Gefässwände berührt (2—6 Minuten nach dem Lassen). 2) Das ganze Blut erstarrt, wenige Minuten später zu einer weichen Gallerte, welche 3) etwa nach einer Stunde sich zusammenzuziehen und fester zu werden beginnt, unter allmäliger Austreibung einer Flüssigkeit. Dieses Stadium dauert 6—12, in einzelnen Fällen sogar 36 und mehr Stunden. Das Blut ist nunmehr geschieden in den Blutkuchen und das farblose oder schwach gelbliche Blutwasser (Serum) von mässig alkalischer Reaction und einem specifischen Gewicht von 1028 (1025—1030). Das Serum ist Blutplasma minus Faserstoff. Der intensiv rothe Blutkuchen (Placenta) besteht 1) aus zahllosen, vielfach sich durchkreuzenden feinen, Faserstofffäden, in deren Zwischenräumen 2) die Blutkörperchen vertheilt sind, und 3) aus einem, in verschiedenen Placenten sehr wechselnden, Antheil nicht ausgepressten Serums.

Man kann die Blutkuchenbildung verhüten durch Umrühren des frischen Blutes mit einem Stab. An diesen legt sich ein zäher rother Klumpen an, der aus niedergeschlagenem Faserstoff und Blutkörperchen besteht, während das flüssige (defibrinirte) Blut ein blutkörperchenhaltendes Serum darstellt. In letzterem senken sich die Körperchen, beim längern ruhigen Stehenlassen, ein wenig; viel stärker aber, wenn das Blut der Wirkung der Centrifugalkraft ausgesetzt wird. Man erhält dann eine blutkörper-

chenfreie, farblose Schicht, von dem gleichen specifischen Gewicht und Wassergehalt wie das von demselben Blut durch Gerinnung ausgepresste Serum. Der sich zusammenziehende Blutkuchen treibt somit nicht, wie man wohl vermuthen könnte, Bestandtheile der Blutkörperchen aus.

Die Gerinnung ist die Folge der Präcipitation eines im circulirenden Blut aufgelöst enthaltenen Eiweisskörpers, welchen man aber nur als »geronnenen Faserstoff«, nicht in seiner löslichen Modification kennt. Wird Serum oder noch besser frisches defibrinirtes Blut, und zwar selbst in kleinen Mengen, zu Chylus oder zu serösen Transsudaten z. B. der Hydroceleflüssigkeit, gesetzt, so gerinnen dieselben nach A. Schmidt schnell. Ohne jene Zusätze wäre die Gerinnung des Chylus erst viel später, die der pathologischen Transsudate aber gar nicht erfolgt. Blutkrystalle sind sehr wirksam, dessgleichen der Körper, der aus klarem Blutserum durch den Kohlensäurestrom niederfällt; demnach erklärt A. Schmidt das Globulin für die die Gerinnung anregende Substanz und es würde auch das Blutserum Globulin enthalten. Der Sauerstoff verhält sich indifferent; die Gerinnung des Blutes erfolgt auch im Vacuum der Luftpumpe oder wenn das Blut, vor Luftzutritt geschützt, aus der Ader gelassen wird; auch konnte A. Schmidt die oben erwähnten Flüssigkeiten nach Zusatz von Sauerstofffreigemachtem Blut zur Gerinnung bringen.

Die Gerinnung wird beschleunigt durch Agitation des Blutes und Wärme, entschieden verlangsamt aber durch Kohlensäure. Athemhemmung und Erstickungstod, wenn sie langsam erfolgen, verzögern nach Nasse die Gerinnung des Blutes, während dieselbe gänzlich verhindert wird durch viele Zusäze zum Blut, z. B. die Salze der Alkalien in gehörigen Mengen. Im Allgemeinen scheint eine grössere Intensität des Stoffwechsels das Blut zu schnellerer Gerinnung zu veranlassen.

Mit Ausnahme der Milch werden alle Eiweisshaltigen thierischen Säfte durch die genannten Zusätze zur Gerinnung gebracht und dieselben bleiben gewöhnlich bloss desshalb flüssig, weil in ihnen der gerinnungserzeugende Körper fehlt. Warum das lebende Blut in den Adern nicht gerinnt, ist allerdings noch nicht erklärbar; das Globulin wird entweder in seiner Wirkung verhindert durch einen andern Blutbestandtheil oder es wird, nach seinem Uebergang in das Plasma, sogleich umgesetzt.

Hewson bewies, dass das coagulirende Princip in dem Blutplasma enthalten ist. Er versetzte frisches Blut mit einer Salzlösung, wodurch die Gerinnung verhütet wurde. Nachdem die Körperchen sich etwas gesenkt hatten, wurde die farblose obere Schicht abgenommen und mit Wasser versetzt, worauf ein farbloses Gerinnsel sich bildet.

14. Blutfarbestoff.

Derselbe (auch Hämatin genannt) bedingt die Färbung der Blutkörperchen. Man unterscheidet 1) die Intensität des Roth. Diese nimmt, gleichen Hämatingehalt der Körperchen vorausgesetzt, mit dem Reichthum des Blutes an Körperchen zu. Es giebt übrigens blutkörperchenreiches und zugleich blässeres Blut; die Stärke des Roth und die Körperchenzahlen zeigen also keinen durchgreifenden Zusammenhang.

2) Die Nuance des Roth. Das arterielle Blut ist hell-, das venöse dunkelroth. Diese Unterschiede hängen von der Respiration ab, das Blut wird in den

Lungen hellroth unter Aufnahme von Sauerstoff und Abgabe von Kohlensäure; in den Capillaren der Körperblutbahn dagegen dunkelroth unter Abgabe von Sauerstoff und Aufnahme von Kohlensäure. Diese Farbenwechsel können durch abwechselndes Schütteln des geschlagenen Blutes mit Kohlensäure und Sauerstoff nachgeahmt werden. Aehnliche Erscheinungen bieten Hämatinlösungen; die Verbindungen des Sauerstoffs mit dem Hämatin sind jedoch unbekannt. Die Blutfarbe wird, nach Marchand, beim Athmen direkt nur verändert durch die Einwirkung des Sauerstoffs auf das Hämatin, wogegen die Kohlensäure nur wie jeder andere, den Sauerstoff verdrängende Einfluss wirkt. Das hellrothe Blut wird in der That dunkel im Vacuum der Luftpumpe, durch Sauerstoffabgabe; das dunkle Blut dagegen wird durch Austreibung der Kohlensäure nicht hell.

Ausserdem kann die Blutfarbe modificirt werden durch eine Menge Zusätze zum Blut. Viele Zusätze, welche den Körperchen Wasser entziehen und dieselben zackig machen, färben das Blut hellzinnoberroth beim auffallenden Licht (z. B. Lösungen neutraler Alkalisalze), andere, welche das Blut wässriger machen und die Körperchen aufblähen (z. B. Wasser oder schwache Salzlösungen) geben dem Blut beim auffallenden Licht eine dunkelrothe Farbe.

15. Anderweite organische Blutbestandtheile.

I. *Fette.* Man unterscheidet 1) neutrale Fette (Margarin und Elain); 2) verseifte Fette (margarin- und elainsaure Alkalien) und 3) sogenannte Lipoide, unter denen das Cholesterin hervorzuheben ist. Nach reichlicher Fettnahrung kann das Serum weisslich getrübt sein durch feine Fetttröpfchen; krankhafter Weise, bei gewissen Leberleiden, im höchsten Grade bei fetten gestopften Gänsen, findet eine solche Zunahme dieser Fetttröpfchen, mit bedeutender Abnahme der farbigen und Vermehrung der farblosen Blutkörperchen statt, dass das Serum trüblichweiss, ja selbst das Blut röthlichweiss erscheint.

II. *Extractivstoffe.* Hieher gehören sehr verschiedenartige organische Verbindungen, meistens in sehr kleiner, jedoch mehr oder weniger veränderlicher Menge, von verschiedener physiologischer Bedeutung. Vorzugsweise sind zu nennen: Kreatin und Kreatinin, Harnstoff, Harnsäure; Traubenzucker; minime Mengen flüchtiger Säuren aus der Gruppe der Ameisensäure (Ameisensäure, Essigsäure, Capronsäure u. s. w. gebunden an Alkalien). Diese Säuren entwickeln sich aus dem Blute namentlich nach Schwefelsäurezusatz (Barruel). Sie sind theilweis Ursache des Blutgeruchs, der namentlich kräftigen Individuen männlichen Geschlechts und zur Zeit der Geschlechtsreife eigenthümlich ist.

16. Anorganische Blutbestandtheile.

1) Wasser, als allgemeines Menstruum des Stoffwechsels im Blut; 2) Gase (s. 31), 3) Anorganische Salze mit den Basen Kali, Natron, kleinen Mengen Kalk und Magnesia; den Säuren: Chlor, Kohlensäure, Phosphorsäure und Schwefelsäure. Die Einzelverbindungen bieten in ihrer Gesammtziffer wie in ihren relativen Mengenverhältnissen erhebliche Schwankungen. Es sind hervorzuheben: das Chlornatrium, welches über die Hälfte aller Blutsalze beträgt. Phosphorsaure

Salze, namentlich die Natronverbindung (2 NaO HO PO^5), welche unter anderem für den Kohlensäuregehalt des Blutes von Bedeutung wird (s. 31). Die kohlensauren Alkalisalze des Blutes und deren Einzelverbindungen sind noch nicht exact festgestellt. Erhebliche Mengen Alkalien und Erden sind an Eiweiss und andere Proteinkörper gebunden.

Der Salzgehalt des Blutes steht mit der in den Zufuhren enthaltenen Salzmenge in Zusammenhang (Nasse); Pflanzenkost mindert, Fleischkost mehrt die Aschenbestandtheile des Blutes; das Chlornatrium nimmt zu bei stärkerem Kochsalzgenuss u. s. w.

17. Chemische Constitution des Gesammtblutes.

1000 Theile Menschenblut enthalten

	Wasser . . .	785
sogen. trockene Blutkörperchen	Hämatin . . .	8
	Globulin . . .	120
	Eiweiss . . .	70
	Faserstoff . .	$2^1/_2$
	Fette	$2^1/_2$
	Extractivstoffe .	4
	Mineralsubstanzen	8

18. Constitution der Körperchen und des Plasma.

Die herkömmliche Blutanalyse bezieht sich auf das Gesammtblut, womit aber dem Bedürfniss der Physiologie nicht genügt ist. Das Serum repräsentirt, mit Einrechnung des Faserstoffs, das Blutplasma genau. 1000 Theile Serum enthalten:

Wasser 905, Eiweiss 80, Fette 2, Extractivstoffe 4, Mineralsubstanzen 9. Dazu sind noch etwa 4—5 p. mille Faserstoff zu rechnen.

Man kennt nur die % Zusammensetzung des Serums, dagegen kann dessen absolute Menge in einer gegebenen Menge Blut noch nicht exact bestimmt werden. Somit ist von den Blutkörperchen weder die % Zusammensetzung, noch deren Mengenantheil in einer gegebenen Blutmenge bekannt.

Die Vergleichung des Serum's mit dem Gesammtblut, noch besser aber mit dem Blutkuchen (der einen nicht bestimmbaren Antheil Serum enthält), giebt übrigens Andeutungen über die Constitution der Blutkörperchen. Was die, beiden Blutbestandtheilen gemeinsamen Stoffe betrifft, so sind die Körperchen ärmer an Wasser, Chlor, Schwefelsäure, Natron, Kalk, Magnesia und Extractivstoffen; reicher aber an Fetten, Phosphorsäure und Kali (Lehmann, Denis, C. Schmidt). Hämatin ist ein ausschliesslicher, Globulin ein nahezu ausschliesslicher Bestandtheil der Blutkörperchen, welchen dagegen der Faserstoff und (wahrscheinlich) das Eiweiss fehlt.

Das Serum variirt in seinen physikalischen und chemischen Eigenschaften viel weniger als das Gesammtblut. Daraus folgt zunächst: entweder variirt die % Zusammensetzung der Körperchen vielmehr als die des Plasma, oder die

Schwankungen des Gesammtblutes rühren vorzugsweise von Schwankungen der Zahlen der Körperchen her. Die direkten Blutkörperchenzählungen machen den letztern Schluss wahrscheinlicher. In diesem Fall hängen die Variationen der Blutkörperchenzahlen ab, entweder von erheblichen absoluten Ab- und Zunahmen derselben, oder — was viel annehmbarer erscheint — von bedeutenden Wechseln der Plasmamengen.

19. Technik der Blutanalyse.

Die gebräuchlichen Verfahrungsweisen sind im Wesentlichen blosse Modificationen der Prevost-Dumas'schen Methode. Exact bestimmbar sind, um nur die Hauptbestandtheile zu erwähnen, 1) das Wasser, also auch die Summe der Fixa, durch Abdampfen im Wasserbad und Trocknen im Luftbad. 2) Faserstoff. Durch Umrühren einer gewogenen Blutmenge mit einem Stab erhält man ein rothes Gerinnsel, das durch Pressen und Auswaschen von den anhängenden Blutkörperchen befreit und schliesslich getrocknet wird. 3) Fette. Durch Ausziehen des festen Rückstandes des Blutes mit Aether. 4) Salze im Ganzen. Durch vorsichtiges Einäschern des Rückstandes. Die Bestimmungen 1, 3 und 4 kann man am Serum und am Gesammtblute vornehmen.

Ungenau dagegen sind die Zahlen des Eiweiss des Gesammtblutes und der »trockenen Blutkörperchen«. Die letzteren werden nicht direct bestimmt. Zuerst ermittelt man Wasser und Eiweiss des Serums, letzteres durch Kochen des schwach angesäuerten Serums, Abfiltriren, Auswaschen und Trocknen des Coagulums. Sodann die Summe des Hämatin und der Eiweisskörper des Gesammtblutes überhaupt (mit Ausnahme des Fibrin), indem man das defibrinirte Gesammtblut behandelt, wie so eben beim Serum angegeben. Man erhält dadurch ein Coagulum aus Eiweiss + Globulin + Hämatin. Man nimmt nun an, die Blutkörperchen seien gleichmässig imbibirt mit Serum; mit anderen Worten, man rechnet: Wasser des Serums verhält sich zum Eiweiss des Serums, wie Wasser des Gesammtblutes zum (unbekannten) Eiweiss des Gesammtblutes. Diese Annahme ist aber falsch. Die »trockenen Blutkörper« werden demnach berechnet durch Abziehen der unexacten Eiweisszahl des Gesammtblutes von der Summe des Eiweiss + Globulin + Hämatin des Gesammtblutes.

Dem Gesagten zufolge ist die Blutanalyse, eben weil sie ausserordentliche Complicationen in sich schliesst, noch sehr zurück, da 1) der dringendsten Forderung einer gesonderten Analyse der Körperchen und der Blutflüssigkeit, trotz aller, hier nicht darstellbaren, Bemühungen, nicht entsprochen worden ist und 2) selbst die Analyse des Gesammtblutes bezüglich einiger Hauptbestandtheile mangelhaft ist.

20. Blutmenge.

Die zur Bestimmung der Blutmenge empfohlenen Methoden beruhen auf sehr verschiedenen Principien, deren praktische Durchführung aber, wegen der speciellen Verhältnisse des Blutes und Gefässsystems, zum Theil unmöglich ist.

Gleichwohl sind auch diese letzteren Methoden beachtenswerth, weil sie Einblicke gestatten in wesentliche Erscheinungen des Blutlebens.

1) *Verblutenlassen.* Man öffnet einem Thier ein, oder besser einige grössere Gefässe und sammelt das auslaufende Blut an, wobei man durch Kneten des Körpers nachhilft. Fehler: 1) es bleibt ein gewisses Quantum Blut zurück; 2) während des Leerwerdens der Gefässe tritt Lymphe, namentlich aber Gewebsflüssigkeit aus den Organen in das Blut zurück. Diese Beimischungen sind bedeutend, sie sind farblos und von viel geringerem specifischen Gewicht als das Blut, desshalb wird, wie Zimmermann zeigte, das aus der Ader auslaufende Blut successiv wasserreicher und so auffallend ärmer an Blutkörperchen, dass die späteren Portionen sichtlich blässer werden. Es ist nicht unmöglich, dass in einzelnen Fällen mehr »Blut« auslaufen kann, als vorher in den Adern circulirte.

2) *Verblutenlassen mit Ausspritzung der Adern.* (Ed. Weber und Lehmann.) Diese Methode sucht den ersten der oben erwähnten Fehler zu umgehen, ohne den zweiten zu beseitigen.

Ein Verbrecher wurde vor und nach der Enthauptung gewogen und der Gewichtsverlust von 5,5 Kilogrammen als Blut angenommen. Das ausgeflossene Blut wurde möglichst gesammelt und aus einer Probe die Menge der Fixa bestimmt; sie betrug bloss 188 p. mille. Hierauf wurden die Adern leer gepumpt mit destillirtem Wasser; der feste Rückstand dieses Spülwassers entsprach 1,98 Kilogr. Blut von der oben erwähnten Concentration. Der 60 Kilogr. schwere Mann hätte demnach $7\frac{1}{2}$ Kilogr. Blut = $\frac{1}{8}$ seines Körpergewichtes gehabt. Bei dieser Methode ist aber einerseits das ausfliessende Blut durch Gewebsflüssigkeit verdünnt, sowie auch andererseits das angewandte Spülwasser Bestandtheile der Gewebe auslaugt. Man erhält desshalb viel zu hohe Blutmengen.

3) *Mischungsmethode.* (Valentin.) Man entzieht dem Thier eine kleine Blutprobe und bestimmt deren % Menge Fixa. Hierauf injicirt man eine gewogene Wassermenge in den Kreislauf; diese vermischt sich mit dem Blut und verringert die % Menge der Fixa desselben. Zur Bestimmung der letzteren wird eine zweite Blutprobe entnommen. Die Injection hat bloss verändert die Wassermenge des Blutes, nicht aber die absolute Menge der Fixa, so dass die Blutmenge sich berechnen lässt aus der % Abnahme der Fixa.

Das Valentin'sche Princip ist ein generelles und ohne Zweifel anwendbar zu anderweitigen physiologischen Untersuchungen. Zur Bestimmung der Blutmenge aber kann es nicht dienen, weil ein bedeutender und dazu in verschiedenen Thieren variabler Theil des eingespritzten Wassers sogleich (durch die Secretionen etc.) das Blut wieder verlässt. Die Blutmenge wird also viel zu hoch gefunden, nämlich zu $\frac{1}{8}$ bis selbst $\frac{1}{4}$ des Körpergewichtes.

4) *Colorimetrische Methode.* (Welcker.) Bringt man mit vielem Wasser verdünntes Blut in 2 gleiche Cylindergläser, so nimmt man, wenn die eine Blutprobe einen, relativ kleinen, neuen Wasserzusatz erhält, bei durchfallendem Lichte einen Unterschied der Färbung wahr. Man kann daher auch Proben von annähernd gleichem Blutgehalt als gleich erkennen; geübte Augen sollen hierbei sogar keinem grössern Irrthum als von 4 % unterworfen sein.

Man macht eine kleine Aderlässe und vermischt das erhaltene Blut mit einer gemessenen Menge Wasser (Probeflüssigkeit). Hierauf lässt man das Thier verbluten und spritzt dessen Gefässe nachträglich mit Wasser aus (Mischung 2). Endlich zerhackt man den ganzen Körper in feine Stücke und zieht letztere mit Wasser aus, bis dieses sich nicht mehr färbt (Mischung 3). Vermischt man Nr. 2 und 3, so hat man eine »Blutlösung« von bestimmter Intensität des Roth. Endlich setzt man zur Probeflüssigkeit noch so viel Wasser, bis ihre Röthung gleich ist der »Blutlösung«. Demnach verhält sich das Volum der Probeflüssigkeit zum Volum der Aderlässe, wie das Volum der »Blutlösung« sich verhält zum Blutvolum des Thieres. Die 3 ersten Grössen sind aber bekannt. Diese Methode führte zu Blutmengen von etwa $^1/_{13}$ am Menschen, Hund und verschiedenen Säugethieren, dagegen von $^1/_{18}$ am Kaninchen. (Welcker, Bischoff, Heidenhain.)

5) Eine fünfte Methode kann erst beim Blutkreislauf erläutert werden (175).

Die durchschnittliche Blutmenge der Warmblüter kann mit vollem Recht zu $^1/_{13}$ des Körpergewichtes angenommen werden.

Viel wichtiger sind die Variationen der Blutmenge in verschiedenen physiologischen Zuständen. Die praktische Medicin hat längst ihre Zeichen der Blutarmuth (sog. Anämie): Schwäche der Muskeln, Wässrigkeit der Secrete, Blässe der Haut, kleine Gefässcaliber, hohe Pulsfrequenz u. s. w., sowie ihre Zeichen der Blutfülle (Plethora). Diese Symptome haben aber nur in extremeren Fällen einen relativen Werth. Etwas bessere Approximationen dürften ergeben die Veränderungen des Blutes durch eine Aderlässe. Mit einer gewissen Berechtigung wird der Satz aufzustellen sein, je mehr Aderlässe von gleichen Stärken in verschiedenen Individuen das specifische Gewicht und die Blutkörperchenzahlen herabdrücken, desto geringer sind die Blutmengen derselben.

III. Grunderscheinungen des Ortswechsels der Materie im Körper.

A. Physikalischer Theil.

21. Vorbemerkungen.

Die Bestandtheile des Körpers sind, abgesehen von ihren chemischen Umsetzungen, in Ortsbewegungen begriffen, die sehr verschieden sein können nach Form, Richtungen, Geschwindigkeiten, bewegten Massen und deren physiologischen Leistungen. Diese Bewegungen in ihren speciellen Erscheinungsweisen sind wesentliche Eigenschaften des Lebens. Sie erfolgen entweder innerhalb des Körpers selbst, indem ein Molekel durch Platzveränderung integrirender Theil einer anderen Körperstelle wird (intermediärer Ortswechsel), oder sie bestehen in Wechselwirkungen mit der Aussenwelt, vermöge deren neue Stoffe dem Körper einverleibt, oder unbrauchbar gewordene, chemisch metamorphosirt, der Aussenwelt zurückgegeben werden. Diesem Ortswechsel unter-

worfen sind nur solche Bestandtheile des Körpers, welche die elastisch- oder tropfbarflüssige Form angenommen haben; doch können tropfbare Flüssigkeiten auch auf feste, in ihnen suspendirte Gebilde ihre eigenen Bewegungen übertragen. Die Bestandtheile der Festgebilde des Körpers aber betheiligen sich nicht an diesem Ortswechsel, sie werden erst dazu befähigt, wenn sie eine der genannten Aggregatformen angenommen haben. Der Ortswechsel tritt in zwei, strenge auseinander zu haltenden Formen (22 und 23) auf.

22. Massenbewegungen.

Die Flüssigkeit (tropfbare oder elastische) ist als Ganzes in Bewegung. Ihre Einzelbestandtheile, mögen sie noch so verschiedener Natur sein, zeigen somit an denselben Orten dieselben Geschwindigkeiten. Der Vorgang wird dadurch möglich, dass an gewissen Stellen ein stärkerer, an anderen ein schwächerer Druck besteht, wodurch eine Bewegung der ganzen Masse in der Richtung gegen den geringeren Druck erfolgt; wir haben es also mit einfachen Schwerewirkungen zu thun. Diese mechanischen Bedingungen wirken bei manchen Säften, z. B. dem Blute, unausgesetzt; eine Ausgleichung der Spannungen in den einzelnen Schichten derselben kommt also nicht zu Stande und die Flüssigkeit ist in beständiger Bewegung begriffen.

Die Motoren sind entweder Druck- oder Saugkräfte. Alle diese Bewegungen werden (von unbedeutenden Ausnahmen abgesehen) vermittelt durch die Thätigkeiten bestimmter Muskelgruppen.

Diese Erscheinungen der Massenbewegungen bedürfen keiner allgemeinen Darstellung; sie erfolgen nach den Gesetzen der Hydro- und Aërodynamik. Das Eingreifen der einzelnen Motoren wird speciell geschildert in der Lehre von der Bewegung des Blutes, der Lymphe, der Fortbewegung des Abgesonderten in den Drüsenkanälen, der Ventilation der Athemluft, der Bewegung des Inhaltes des Nahrungsschlauches u. s. w.

23. Molekuläre Ortsbewegungen.

Die Flüssigkeit bewegt sich nicht als Ganzes, wohl aber sind die Molekeln aller oder einiger Einzelbestandtheile in Bewegungen für sich begriffen, unabhängig von den (ruhenden oder ebenfalls bewegten) Molekeln der übrigen Bestandtheile der Flüssigkeit. Diese Ortsbewegungen sind bedingt durch die Verschiedenheit der chemischen Constitution der einzelnen Schichten einer Flüssigkeit oder zweier, sich berührender Flüssigkeiten. Sie erfolgen sogar der Schwere entgegen. Die Verschiedenheiten zwischen benachbarten Schichten zweier Flüssigkeiten rufen mit Nothwendigkeit hervor die Tendenz zur gegenseitigen Ausgleichung, doch sind auch hier die Bedingungen im Körper von der Art, dass eine vollständige Ausgleichung niemals erfolgt, und die Bewegungen niemals zur Ruhe kommen. Die Flüssigkeiten als Ganzes können, wie gesagt, dabei bewegungslos bleiben; häufig aber verbindet sich im Organismus die Massenbewegung mit dem molekulären Ortswechsel. Letzterer besteht also in Gleichgewichtsstörungen zwischen Moleken derselben Natur und wir müssen so viele gestörte Gleichgewichte unterscheiden, als

die Flüssigkeitsschichten einzelne Bestandtheile enthalten, vorausgesetzt dass die Molekeln jedes Bestandtheils ungleich in den Einzelschichten vertheilt sind.

Die Molekulärbewegungen zerfallen in: 1) Ortsbewegungen elastischer Flüssigkeiten; (Diffusion der Gase, Absorption der Gase durch tropfbare Flüssigkeiten, Entweichen absorbirter Gase in freie Gasräume oder in andere Flüssigkeiten, Verdunstung). 2) Ortsbewegungen innerhalb trofbarer Flüssigkeiten (sog. Diffusion von Flüssigkeiten, Imbibition, Endosmose, zum Theil auch die Filtration).

24. Ursache der molekulären Ortsbewegungen der Gase.

Eine Grundeigenschaft der Gase ist ihr Ausdehnungsvermögen; die Theilchen desselben Gases sind bestrebt, sich von einander zu entfernen, so dass ein kleines Gasvolum sich in einen unendlich grossen Raum verbreiten kann. Wird aber die Entfernung der Theilchen von einander gehindert, sind sie enthalten in einem geschlossenen Raum (in Gasform, oder absorbirt in einem begrenzten Flüssigkeitsvolumen) und somit eiuander mehr oder minder genähert, so drücken sie sich gegenseitig. Die Grösse des Druckes nennt man die Spannkraft (Expansivkraft) der Gase. Letztere wird demnach um so stärker in Anspruch genommen, je mehr die Gastheilchen einander genähert werden; die Spannungen verhalten sich umgekehrt wie die Volume. Die Theilchen desselben Gases äussern somit auf einander eine Repulsionskraft und die Ortsbewegung der Gase ist einfach zurückführbar auf blosse Druckwirkungen, die gegenseitig ausgeübt werden von Gasmolekeln derselben Natur. (Dalton, Graham.)

Macht man eine feine Oeffnung in einen Gasbehälter, so strömen leichtere Gase schneller aus als die schwereren. Es ist z. B. die relative Ausflussgeschwindigkeit der Kohlensäure in den luftleeren Raum 8,1, wenn die Geschwindigkeit der atmosphärischen Luft 10 ist. Dem Anfänger wird das durch folgende Ueberlegung erklärlich. Eine Luftsäule (spec. Gew. = 100) von der Höhe von 100 Längeneinheiten übt einen relativen Druck aus von $100 \times 100 = 10000$, eine Kohlensäuresäule (spec. Gew. = 152) wird also bloss die Höhe 65,7 zeigen müssen, um jener Luftsäule das Gleichgewicht zu halten ($65{,}7 \times 152 = 10000$). Die Lufttheilchen strömen also aus mit einer Geschwindigkeit, als ob sie herabgefallen wären von der Höhe 100, während die Geschwindigkeit der Kohlensäuretheilchen bloss dem Fallraum 65 entspricht. Die Geschwindigkeiten aber verhalten sich, nach den Fallgesetzen, wie die Wurzeln aus den Fallräumen, also hat man für die relative Geschwindigkeit der Luft $\sqrt{100} = 10$, der Kohlensäure $\sqrt{65{,}7} = 8{,}1$. Die Fallräume also verhalten sich umgekehrt wie die specifischen Gewichte, die Ausflussgeschwindigkeiten umgekehrt wie die Quadratwurzeln der specifischen Gewichte. Dieses beweist, das diese Ortsbewegungen der Gase auf blossen Druckwirkungen beruhen.

25. Diffusion der Gase.

Die nächste Folge der Repulsivkraft der Gasmolekeln von gleicher Natur ist die Vermischung verschiedenartiger Gase, sobald sie in Berührung kommen. Die Berührung kann sein 1) eine mittelbare: die Gase sind getrennt durch eine poröse Scheidewand. Dieser Fall interessirt den Physiologen nicht. 2) Eine unmittelbare: die Gase berühren sich frei, wodurch ihre Vermischung wesentlich befördert wird; ihre Vermischung erfolgt sogar der Schwere entgegen

(Berthollet). Wird ein Behälter mit Kohlensäure durch eine Röhre verbunden mit einem höher stehenden Behälter, der specifisch sehr viel leichteres Wasserstoffgas enthält, so ist nach einer gewissen Zeit die Vermischung eine vollständige.

Der Fall ist von Wichtigkeit für das Athmen, indem die Luft der verschiedenen Abschnitte der luftführenden Kanäle, Trachea, Bronchien u. s. w., ungleich zusammengesetzt ist (221).

26. Absorption der Gase.

Tropfbare Flüssigkeiten vermögen Gase aufzunehmen (Saussure jun., Dalton, Bunsen). Man unterscheidet 2 Fälle: 1) Es besteht chemische Verwandtschaft zwischen Gas und Flüssigkeit. Die Mengen der aufgenommenen Gase hängen ab von den chemischen Affinitäten. Das in chemische Verbindung getretene Gas kann durch mechanische Mittel aus der Flüssigkeit nicht wieder abgeschieden werden, ausgenommen, wenn die chemische Affinität zwischen Gas und Flüssigkeit nur eine schwache ist. 2) Es besteht keine chemische Verwandtschaft. (Gasabsorption im engern Sinn.) Das absorbirte Gas hat seine chemische Natur nicht geändert und kann durch mechanische Mittel aus der Flüssigkeit wieder ausgeschieden werden.

Manche Gase unterliegen beiden Gesetzen, d. h. ein Theil des Gases wird chemisch gebunden, ein zweiter bloss mechanisch absorbirt.

27. Absorption eines Gases.

Zur Vergleichung der Erscheinungen ist eingeführt der Absorptionscoëfficient, d. h. das Gasvolum (reducirt auf 0° Wärme und 76 Centimeter Quecksilberdruck), welches absorbirt wird von der Volumeinheit einer Flüssigkeit und zwar unter dem permanenten Gasdruck von 76 Centimetern Hg. und bei einer Temperatur von 0°. Die Absorption hört auf, wenn das aufgenommene Gas im Gleichgewicht steht mit dem freien Gas. Das absorbirte Gasvolum ist = Flüssigkeitsvolum $\times$ Absorptionscoëfficient. Letzterer hängt ab 1) von der Natur des Gases. Die Coëfficienten des Wassers sind für $\ddot{C}$ 1,8 (d. h. 1 Volum Wasser nimmt auf 1⁴/₅ Vol. $\ddot{C}$.), N 0,02, O 0,04. 2) Von der Natur der absorbirenden Flüssigkeit. Wasser z. B. absorbirt viel mehr $\ddot{C}$, als Salzwasser. 3) Von der Temperatur. Bei den Gasen, die für den Athemprocess wichtig sind, ist der Absorptionscoëfficient bei 20° C. etwa die Hälfte dessen bei 0°. 4) Vom Gasdruck. Die Flüssigkeit nimmt unter jedem Druck gleiche Volume desselben Gases auf, aber bei doppeltem Gasdruck ist das absorbirte Gasvolum doppelt so dicht, d. h. es zeigt, reducirt auf den einfachen Druck, das doppelte Volum. Also ist der Absorptionscoëfficient proportional dem Druck.

100 C. C. M. Wasser nehmen auf aus einer Sauerstoffatmosphäre von 76 C. M. Hg. Druck 100 $\times$ 004 = 4 C. C. M. Gas; aus einer Atmosphäre von 152 C. M. Hg. Druck aber 8 C. C. M. Gas, beide absorbirten Volume reducirt gedacht auf gleiche Temperatur und gleichen Druck.

28. Absorption von Gasmischungen.

Man unterscheidet den Gesammtdruck und die Partiardrücke der einzelnen Gasatmosphären. 100 Vol. atmosphärische Luft halten 21 O; das O aber füllt die 100 Volume vollständig aus, also wird (der Gesammtdruck = 1 gesetzt) der Druck der O-Atmosphäre 0,21. Ausserdem sind im Gasraum enthalten 79 Vol. N; ihr Partiardruck ist demnach 0,79. Dem Frühern gemäss ist das von der Volumeinheit gasfreien Wassers absorbirte O-Volumen 0,04 $\times$ 0,21 = 0,0084 Volume, das absorbirte N-Volum dagegen 0,02 $\times$ 0,79 = 0,0158 Volume. 1 Volum Wasser enthält also ein Gasgemenge von 0,0242 Volumeinheiten reducirt auf die Druckeinheit.

Da der Absorptionscoëfficient des Wassers für O denjenigen für N übertrifft, so ist die vom Wasser absorbirte Luft relativ O reicher als die freie Atmosphäre, was für das Athmen der Wasserthiere wichtig ist.

29. Contact gashaltender tropfbarer Flüssigkeiten.

Für diese, experimentell noch nicht untersuchten Bedingungen, können wir deductorisch etwa folgende Normen aufstellen.

1) Kommt ein Fluidum, das ein Gas absorbirt enthält, in Berührung mit einem gleichen Volum eines gasfreien Fluidums anderer Natur, dann nimmt letzteres Gas auf. Nach erreichtem Gleichgewicht der Gasspannungen in beiden Flüssigkeiten verhalten sich die beiderseitigen absorbirten Gasmengen wie die Absorptionscoëfficienten der Fluida.

2) Haben — alles übrige wie unter 1 gesetzt — beide Fluida ungleiche Volume, so verhalten sich die schliesslich absorbirten Gasmengen, wie die Produkte der Volume in die Absorptionscoëfficienten.

100 C. C. M. Wasser nahmen auf 4 C. C. M. O gas; sie kommen in Berührung mit 200 C. C. M. gasfreiem Salzwasser (dessen Absorptionscoëfficient für O ist = 0,03). Nach hergestelltem Gleichgewicht (von den durch die Endosmose bedingten Veränderungen beider Flüssigkeiten sehen wir ab) müssen sich die absorbirten Gasvolume verhalten wie 100 $\times$ 0,04 zu 200 $\times$ 0,03 d. h. das Wasser enthält 1,6 und das Salzwasser 2,4 C. C. M. O absorbirt.

3) Stehen (die sonstigen Bedingungen wie unter 1) die durch eine poröse Membran getrennten Fluida unter verschiedenen Drücken, so ändert das nichts an der Erscheinung, da zufolge der Incompressibilität der tropfbaren Fluida der Raum, in dem das absorbirte Gas vertheilt ist, gleich bleibt.

Diese Behauptung ist allerdings mit der „Condensation" der in Fluidis absorbirten Gase in Widerspruch; sie wird aber, da die wirkliche Molecularform der ababsorbirten Gase unbekannt ist, bis der experimentelle Beweis des Gegentheils gegeben ist, vorerst aufrecht erhalten werden können.

4) Zwei verschiedene Flüssigkeiten von gleichem Volumen haben jede ein besonderes Gas absorbirt; enthält nach erfolgtem Austausch jede Flüssigkeit Antheile beider Gase, so verhalten sich die absorbirten Gasmengen wie die Absorptionscoëfficienten.

Diese Bedingungen wiederholen sich beim Athmen und dem Stoffwechsel überhaupt. Es findet Gaswechsel statt 1) zwischen den in den Blutkörperchen einerseits

und der Blutflüssigkeit anderseits absorbirten Gasen und 2) zwischen letzteren und den in der Ernährungsflüssigkeit der Gewebe absorbirten Gasen, wobei zugleich obiger Fall 3) sich wiederholt, indem das Blut und die Gewebflüssigkeit nicht nothwendig unter gleichem Druck stehen. Wir wollen aber nicht läugnen, dass der direkte Versuch einen Theil der, auf deduktorischem Wege gewonnenen Aufstellungen (No. 3?) umstossen kann.

30. Entweichen absorbirter Gase.

Kommt eine Flüssigkeit, welche ein Gas unter bestimmtem Druck absorbirt enthält, in Berührung mit freiem Gas derselben Natur, aber von geringerem Druck, so entweicht ein Theil des absorbirten Gases, bis die Spannungen der absorbirten und der freien Gasmolekeln gleich geworden sind.

100 C. C. Wasser absorbiren aus einer O atmosphäre von 152 C. M. Hg Druck 8 C. C. M. (auf die Druckeinheit reducirtes) O gas. Kommt dieses Wasser in Berührung mit einer O atmosphäre von 76 C. M. Hg Druck, so enthält es nach hergestelltem Gleichgewicht bloss noch 4 C. C. M. O gas.

Kommt eine Flüssigkeit, welche ein Gas a enthält, in Berührung mit einem freien Gas b, so ist letzteres für das absorbirte Gas als nicht vorhanden anzusehen, weil bloss Repulsion besteht zwischen Gasmolekeln derselben Natur. Es findet also ein gegenseitiger Austausch statt. Ist der Gasraum sehr gross im Vergleich zum Flüssigkeitsvolum, so findet man in letzterem nach einiger Zeit bloss Gas b absorbirt.

Das Blut enthält Gase absorbirt, in den Lungen kommt es, vermittelst dünnster Scheidewände, in Berührung mit den anders zusammengesetzten freien Gasen der Lungenzellen, es findet somit ein gegenseitiger Gaswechsel statt.

31. Blutgase.

Aus dem Blute können Gase, nämlich Sauerstoff, Kohlensäure und Stickgas ausgetrieben werden, zunächst durch mechanische Mittel, z. B. unter der Luftpumpe (Mayow 1674 und Magnus) oder durch Kochen des Blutes im luftverdünnten Raum (Bunsen). Magnus, L. Meyer, Fernet und Setschenow haben die Blutgase quantitativ bestimmt. Aus dem arteriellen Blut (von Hunden) wurden ungefähr 50 Volum % Gase gewonnen und zwar O 12—18, N 1,2—5 und C̈ 30—34 %. Kleine Mengen Kohlensäure sind durch stärkere Affinität gebunden, sie können aus dem Blut nur durch chemische Mittel ausgetrieben werden.

Zur Bestimmung der Gasmengen, welche das Blut (mechanisch und chemisch) bindet, wird dasselbe defibrinirt, sodann nach der in § 32 geschilderten Methode gasfrei gemacht und dem betreffenden Gas ausgesetzt. Nach L. Meyer und Setschenow nehmen 100 Vol. (defibrinirtes!) Blut auf nicht ganz 10—20 O, 2—5 N und etwa 200 Vol. C̈. Serum absorbirt viel weniger O als geschlagenes Blut (Berzelius), die Körperchen übernehmen somit die wichtige Rolle von Sauerstoffträgern.

Bei zunehmenden Drücken der Gasatmosphäre werden mehr Gase absorbirt, aber bloss die aufgenommenen Stickgasmengen wachsen proportional mit den Drücken, d. h. das Stickgas ist einfach physikalisch absorbirt. Das aufgenommene O besteht 1) aus einer Quantität, proportional den Drücken, entsprechend

also dem Absorptionsgesetz und 2) einem von Druck unabhängigen, durch chemische Affinität gebundenen Quantum. Weitaus der grösste Theil des vom defibrinirten Blut aufgenommenen O ist unabhängig vom Druck der O-Atmosphäre; die O-Aufnahme ist also ganz vorzugsweise bedingt durch chemische Affinitäten. Letztere sind übrigens schwach, da das O durch mechanische Mittel vollständig wieder ausgetrieben werden kann (s. 223). Auch die Kohlensäure ist theils einfach absorbirt, theils durch chemische Affinitäten von verschiedener Stärke gebunden im Blut enthalten. Man kennt übrigens die proportionalen Mengenverhältnisse dieser verschiedenen Kohlensäurentheile noch nicht sicher; wichtig vor Allem ist aber der Umstand, dass auch die locker chemisch gebundene Kohlensäure aus dem Blut in die Lungenluft leicht entweichen kann. Bei der Bindung der Kohlensäure scheint das Natronphosphat des Blutes eine besondere Rolle zu spielen (Fernet).

32. Gewinnung der Blutgase.

Dass das Blut bei seiner Ansammlung vor Luftzutritt geschützt werden muss, versteht sich von selbst. Zur möglichst vollständigen Austreibung der Blutgase dient das Torricelli'sche Vacuum, welches Setschenow in folgender Weise herstellte.

Eine mit verschliessbaren Oeffnungen bei *a* und *b* versehene Uförmige Röhre (Fig. 3) wird mit Quecksilber gefüllt und sodann auch bei *c* und *d* mittelst Hähnen geschlossen. Auf *d* sitzt eine graduirte Glasröhre *f*; an *b* wird der mit defibrinirtem Blut gefüllte Glaskolben *g* befestigt. Nun lässt man das Hg aus *a* ablaufen und zwar bis unter das Niveau der Mündung von *b*. Dadurch entsteht ein Vacuum im Raum *b* bis *d*. Nach Oeffnung von *b* kocht man, um die Gase auszutreiben, das Blut, wozu bloss eine geringe Erwärmung hinreicht. Hierauf schliesst man *b*, füllt durch *c* Hg nach, um die ausgetriebenen Blutgase zu comprimiren und öffnet *d*, um die Gase nach *f* überzuführen. Das Auskochen ist so lange zu wiederholen, bis man aus dem Blute keine Gase mehr erhält. Um endlich die chemisch-gebundene Kohlensäure zu gewinnen, dient, bei sonst gleichem Verfahren, ein Zusaz von Weinsäure zum Blut.

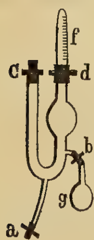


Fig. 3.

33. Wasserverdunstung.

Tropfbare Flüssigkeiten, welche in Berührung kommen mit Gasen, verbreiten sich in den Gasraum, indem sie Dampfform annehmen. Der Process dauert so lange, bis der Gasraum mit dem Dampf gesättigt ist. Von Einfluss auf die Erscheinung ist: 1) die Temperatur, warme Luft kann mehr Wassergas aufnehmen; 2) Bewegung der Luft; sie beschleunigt den Process; 3) der Luftdruck; bei geringerem Druck erfolgt die Verdampfung schneller, sowie auch, falls der Luftraum unendlich gross ist, wie die atmosphärische Luft, bei gerin-

geren Drücken die verdampfende Wasser menge zunimmt. 4) Luftfeuchtigkeit; je geringer diese, desto schneller die Verdunstung, desto grösser die verdunstenden Massen.

Die Verdunstung spielt eine wichtige Rolle im Organismus; die Nasen- und Mundhöhle, die Schleimhaut der Athemwerkzeuge und namentlich die allgemeinen Bedeckungen geben grosse, nach obigen Gesetzen veränderlichen Mengen Wassergas an die umgebenden Luftschichten ab.

34. Diffusion der Flüssigkeiten.

Kommen mit einander mischbare, tropfbare Flüssigkeiten in Berührung, so vermischen sie sich bis zur völligen Ausgleichung, selbst wenn man sie ruhig stehen lässt und wenn die specifisch schwerere den unteren Platz einnimmt. Auf die Geschwindigkeit der Diffusion ist nach Graham von Einfluss: 1) Die Natur der Substanzen; Alkalisalze z. B. diffundiren viel schneller als Gummi arabicum und Eiweiss. 2) Die Concentration der Lösung; die in gleichen Zeiten diffundirten Mengen verhalten sich bei Lösungen desselben Stoffes wie deren Concentrationen. 3) Zunehmende Wärme und selbstverständlich 4) grössere Berührungsflächen beschleunigen den Process. Wird zu einer Lösung eines träge diffundirenden Körpers ein schnell diffundirender gesetzt, so nimmt die Diffusionsgeschwindigkeit des ersteren noch mehr ab. Diffundiren 2 Lösungen gegen einander, so verbreiten sich die beiderseitigen Stoffe fast so schnell wie in reinem Wasser, wenn die Lösungen nur schwach sind, dagegen langsamer bei starken Concentrationen.

35. Imbibition.

Werden thierische Membranen und Organe in Flüssigkeiten gelegt, so imbibiren sie sich mit bestimmten Mengen derselben. Von Einfluss auf die Stärke der Imbibition ist: 1) die Beschaffenheit der Gewebe, z. B. Muskelsubstanz nimmt viel mehr auf als Knorpel. Von gewissen Farbstoffen nimmt, nach Gerlach, die Intercellularsubstanz mancher Gewebe wenig, die Zelle mehr, der Zellenkern aber am meisten auf. 2) Die Natur der Flüssigkeit; trockene Harnblase z. B. nimmt von wässrigen Lösungen mehr oder weniger auf, von einer Lösung von Chlorkalium z. B. mehr als von einer solchen des Chlornatrium (Gunning), von Wasser am meisten. 3) Die Concentration: verdünntere Lösungen werden in grösseren Mengen aufgenommen als concentrirtere derselben Substanz (Liebig). 4) Die Wärme begünstigt den Vorgang.

Der Imbibitionsprocess ist öfters begleitet von einem entgegengesetzten Strome, indem die imbibirenden Membranen Bestandtheile abgeben an die äussere Flüssigkeit; so verliert z. B. eine in Wasser gelegte Rindsblase Eiweiss (Gunning).

Von wässerigen Lösungen nimmt eine trockene Blase etwas mehr Wasser auf, sodass die Lösungen sogar concentrirter werden. Die Verwandtschaft der Membran zum eingedrungenen Wasser beeinträchtigt die Fähigkeit des letzteren, Substanzen gelöst zu enthalten. Presste Ludwig eine imbibirte Membran, so zeigte das Auslaufende die Concentration der Lösung, desshalb kann ein Theil des imbibirten Wassers als Hydratwasser der Membran angesehen werden. Aus Lösungen zweier

Stoffe werden die beiden gelösten Substanzen nicht in dem Verhältniss aufgenommen, als sie aufgenommen würden, wenn jede Substanz für sich allein vorhanden wäre (Cloetta); die imbibirbarere wiegt nämlich absolut und relativ vor; das Verhältniss ist übrigens ein wechselndes bei verschiedenen Concentrationen.

36. Endosmose

ist die gegenseitige Vermischung zweier Flüssigkeiten, die durch eine poröse Scheidewand getrennt sind (Nollet). Der Austausch erfolgt viel langsamer als bei der Diffusion der Flüssigkeiten; nach einer gewissen Zeit sind die Flüssigkeiten auf beiden Seiten der Membran gleich zusammengesetzt. Es finden dabei zwei entgegengesetzte Ströme statt, wobei der eine (und zwar manchmal sehr bedeutend) überwiegt, so dass, anfängliche Volumgleichheit der Flüssigkeiten vorausgesetzt, nach erfolgtem Gleichgewicht der Zusammensetzung beider Flüssigkeiten, das Volum auf der einen Seite der Membran mehr oder weniger vorwiegt. Im Allgemeinen gilt die Regel, dass die concentrirtere Flüssigkeit an Volum gewinnt, die verdünntere dagegen verliert. Bei der Endosmose kommt in Betracht: 1) das Verhältniss, in dem die gewanderten Mengen zu einander stehen (endosmotisches Aequivalent), und 2) die Geschwindigkeit des Austausches. Letztere, für die physiologischen Anwendungen ungleich wichtigere Frage, wurde viel weniger untersucht als die erstere.

Jolly taucht das mit einer Membran verschlossene untere Ende eines Cylinders, welcher die zu untersuchende Substanz in fester oder gelöster Form enthält, in Wasser. Das letztere wird öfters erneut, bis der frühere Inhalt des Cylinders vollständig in das äussere Wasser getreten ist und der Cylinder nur noch Wasser enthält. Jetzt findet keine weitere Gewichtszunahme des Cylinders statt, die Endosmose ist beendet. Das Verhältniss der eingedrungenen Wassermenge zu der herausgetretenen Substanz nennt Jolly endosmotisches Aequivalent; je höher das Aequivalent, desto mehr überwiegt demnach der Wasserstrom. Versuche mit verschiedenen Stücken derselben Membran geben öfters ziemliche Unterschiede der endosmotischen Aequivalente, sowie auch während desselben Versuches Gleichheit der Bedingungen, namentlich der Beschaffenheit der Membran schwer zu erhalten ist. Die endosmotischen Aequivalente gelten demnach strenge genommen nur für die Bedingungen des speciellen Versuches und haben somit keineswegs die Bedeutung eines Naturgesetzes im strengeren Sinne des Wortes.

37. Specialbedingungen der Endosmose.

Auf die Endosmose ist von Einfluss 1) Beschaffenheit der Membran.

Eine dünne Kautschukplatte z. B. gestattet keine Endosmose zwischen Wasser und wässerigen Lösungen, wohl aber zwischen Weingeist und weingeistigen Lösungen. Die endosmotischen Aequivalente des Kochsalzes sind, nach Harzer, bei Anwendung von Rindblase 6,4, Rinderherzbeutel 4,0, Schweinsblase 4,3, Schwimmblase 2,9, Collodiumhaut 10,2, d. h. auf einen Gewichtstheil übergetretenes Kochsalz kommen 10,2 Theile eingedrungenes Wasser.

2) Chemische Natur der endosmosirenden Stoffe.

Unter den Alkalisalzen zeigen Chlorverbindungen die kleinsten Aequivalente, grössere die salpetersauren und schwefelsauren, die grössten die phosphorsauren Salze. Säuren haben kleine Aequivalente; Basen grosse, saure Salze kleinere als neutrale Salze (Jolly), z. B. bei Schweinsblasen: kryst. schwefelsaures Kali 11, saures schwefelsaures Kali 2, verdünnte Schwefelsäure $^1/_3$—1, Harnstoff 2. Eiweiss hat ein sehr grosses Aequivalent.

Nach Eckhard verhalten sich (Herzbeutel wurden als trennende Membranen benützt) die Endosmosengeschwindigkeiten von Zucker, Kochsalz und Harn-

stoff wie 1 : 5 : $9^1/_2$, wogegen das endosmotische Aequivalent des Zuckers am höchsten, des Harnstoffes am niedersten ist.

3) Concentration der Lösung. Die Geschwindigkeiten der Endosmose sind bei Lösungen desselben Stoffes nahe proportional den Concentrationen (Vierordt); doch nimmt mit zunehmender Concentration die Menge des in der Zeiteinheit übergehenden gelösten Körpers mehr zu als die Menge des endosmosirenden Wassers, d. h. die endosmotischen Aequivalente sinken mit zunehmenden Concentrationen (Ludwig). Analog sind die Erscheinungen bei der Endosmose zwischen 2 verschieden concentrirten Lösungen desselben Stoffes: die Endosmosengeschwindigkeiten verhalten sich annähernd wie die Concentrationsunterschiede beider Lösungen (Vierordt). 4) Es versteht sich von selbst, das der Austausch schneller erfolgt mit zunehmender Grösse und Dünnheit der trennenden Membran und bei Bewegung der beiderseitigen Flüssigkeiten. 5) Höhere Temperatur beschleunigt den Process und zwar, nach W. Schmidt, der mit Glaubersalz experimentirte, in dem Verhältniss, wie sie die Ausflussmengen aus gläsernen Capillaren steigert, also die Cohäsion der Flüssigkeit mindert. 6) Ein starker Gegendruck hindert die Endosmose nicht; wohl aber erfolgt der Uebergang in die Flüssigkeit stärkeren Druckes langsamer, wogegen der entgegengesetzte Strom zunimmt. 7) Enthält eine Flüssigkeit 2 Stoffe gelöst, so endosmosirt jeder derselben annähernd so, als ob er allein vorhanden wäre (Cloetta).

Während die freie Gasdiffusion auf ein einfaches mechanisches Gesetz (24) zurückgeführt werden kann, sind die auf den ersten Anblick analogen Erscheinungen in tropfbaren Flüssigkeiten, ja schon die sog. Diffusion in Flüssigkeiten verwickelter; sie lassen, z. B. die Endosmose, verschiedene theoretische Auffassungen zu, deren Verfolgung nicht hieher gehört. Ueber den Zustand der Flüssigkeiten in den Poren s. § 38 a.

38. Filtration

ist das Durchtreten einer Flüssigkeit durch eine poröse Membran, so dass dieselbe auf der anderen, freien Seite der Membran erscheint. Man unterscheidet 1) die Filtration der Flüssigkeit in toto, die von einfachen Druckwirkungen abhängige, gewöhnliche Filtration (im Organismus ohne Analogieen) und 2) die noch wenig untersuchte elective Filtration, bei welcher gewisse Bestandtheile der filtrirenden Flüssigkeit, obschon sie darin gelöst enthalten sind, ganz oder theilweise zurückgehalten werden.

Versuche hierüber haben Liebig und W. Schmidt angestellt. Man benutzt eine Röhre, deren unteres erweitertes Ende mit einer Membran verschlossen wird.

Von Einfluss auf die Menge des Filtrats sind 1) Die Natur der Membran. 2) Natur der Flüssigkeit. Durch eine Schweinsblase filtrirt Wasser am Besten, weniger gut Salzwasser und Weingeist, am wenigsten Oel. Je leichter eine Membran sich mit einer Flüssigkeit imbibirt, ein desto besseres Filtrum ist sie für dieselbe. 3) Mit steigender Concentration nimmt nach Schmidt bei Salzlösungen die Filtrationsgeschwindigkeit ab und zwar anfangs rasch, später langsam; nur bei gewissen Salzen, z. B. Salpeter, nimmt die Geschwindigkeit wieder zu von einem bestimmten Concentrationsgrad an. 4) Zunahme der Temperatur

und 5) des Druckes, wobei zugleich die Spannung der Filtrationsmembran vermehrt wird, beschleunigen den Process.

38a. Veränderungen des Filtrates.

Die Eigenschaften des Filtrates sind von besonderem physiologischen Interesse. Es sind 3 Fälle möglich: 1) Keine oder beinahe keine Veränderungen, z. B. bei vielen Salzlösungen. 2) Merklich geringer concentrirt ist das Filtrat von Gummi- und Eiweisslösungen. Die Concentrationsabnahme wird nach W. Schmidt grösser bei höherer Temperatur, bei geringerem Druck und niederer Concentration der zu filtrirenden Flüssigkeit. 3) Das Filtrat ist (etwas) concentrirter, z. B. bei nicht zu schwachen Salpeterlösungen.

Wird ein Körper der ersten Reihe, z. B. Kochsalz, oder Harnstoff zur Lösung eines Körpers der zweiten Reihe, z. B. Gummi, gesetzt, so sinkt im Filtrat die Concentration des letzteren noch mehr, während die des ersteren (der für sich unverändert filtrirt) steigt. Das durch Herzbeutel gegangene Filtrat einer Lösung von 2,66 % Kochsalz und 3,15 Gummi, enthielt 2,70 Kochsalz und 1,65 Gummi (W. Schmidt).

Da die Membranen eine grössere Imbibitionsfähigkeit zeigen für Wasser und Lösungen niederen Gehaltes, so hat man die Hypothese aufgestellt, die Poren seien erfüllt mit concentrischen Schichten der Lösung, die gegen die Porenwände zunehmend verdünnter würden. Dafür spricht auch die Erfahrung Schmidt's, dass die Membran, welche sich contrahirt, wenn der Druck der Flüssigkeitssäule auf Null herabgesetzt wird, alsdann Tropfen auspresst die geringer concentrirt sind als das gewöhnliche Filtrat. Wird desshalb während des Versuchs der Druck oft auf Null erniedrigt, so ist die Concentrationsabnahme des Filtrates besonders gross, weil die wässrigeren Porenschichten mitausgepresst werden.

B. Physiologischer Theil.

39. Uebersicht.

Die bisher betrachteten physikalischen Vorgänge, namentlich die Endosmose und verwandte Erscheinungen, wiederholen sich in den ausserordentlich verwickelten und der direkten Untersuchung viel weniger, ja meistens selbst gar nicht, zugänglichen Erscheinungen des physiologischen Stoffwechsels. Es lassen sich übrigens nur allgemeine Analogieen aufstellen zwischen den physikalischen Vorgängen und den physiologischen Processen, niemals aber sind die, nach den einzelnen Körperstellen vielfach wechselnden, specielleren Erscheinungen des Stoffwechsels genügend zu erklären.

Der physiologische Stoffwechsel geschieht vorzugsweise in den Capillaren, vermittelt und begünstigt 1) durch die Feinheit der Wandungen dieser, von keiner Epitellage bekleideten, Gefässe; 2) durch die grosse Zahl der Capillaren und die dadurch ermöglichte ungeheure Contactfläche der beiderseitigen Flüssigkeiten und 3) durch die Verschiedenheit der chemischen Constitution der letzteren. Durch die Capillarwände treten immer zwei Ströme in entgegengesetzter Richtung, doch überwiegt meistens einer nach Masse, oder nach seinen, an Ort

und Stelle erzielten physiologischen Leistungen derartig, dass man ihn vorzugsweise betrachtet und darnach die Erscheinungen zu benennen pflegt. Man unterscheidet als allgemeinste Typen des Ortswechsels der Materie im Körper: die Aufsaugung, Absonderung und Ernährung.

a) Aufsaugung.

40. Localitäten.

Unter Aufsaugung (Resorption) versteht man den Uebergang von tropfbarflüssigen Stoffen in die Säftemasse und zwar zunächst in das Capillarsystem.

Wir unterscheiden 1) Aufsaugung an den gewöhnlich resorbirenden Stellen, d. h. im Nahrungsschlauch (209). 2) Aufsaugung an aussergewöhnlichen Stellen. An allen übrigen Körperlocalitäten sind die Gefässe ebenfalls im Stand, Flüssigkeiten, mit denen sie durch eine angelegte Wunde in Berührung kommen, aufzusaugen. Der, wenn auch anomale, Vorgang ist somit einer der allgemeinsten im Organismus. Die ältere Medicin nahm vielfach an, dass auch feine feste Partikelchen, z. B. Kohlenstaub die Capillarwände durchdringen können. Versuche von Herbst, Oesterlen, Moleschott u. A. sprechen für einen solchen, jedoch nur in beschränktem Grad erfolgenden Uebergang, namentlich von der Darmschleimhaut aus. Die Erscheinung ist jedenfalls eine anomale und wahrscheinlich nur nach Schleimhautrissen, partiellem Verlust des Epithelialüberzuges u. s. w. möglich (Crocq).

Den allgemeinen Bedeckungen wurde früher ein bedeutendes Resorptionsvermögen zugeschrieben. Neuere Versuche haben im Gegentheil allseitig bestätigt, dass die Epidermis der Aufsaugung geradezu entgegen wirkt. Bringt man den ganzen Arm in ein Wasserbad von etwa 18° C. so verschwinden während 1 Stunde bloss etwa 2—3 Grammen Wasser, ein kaum nennenswerther Verlust, der zum Theil sogar nur auf einer blossen Imbibition der Epidermis mit Wasser beruht. Das Talgdrüsensecret, dessen Fettgehalt etwa 30% beträgt, wirkt einölend auf Haare und Epidermis und vermindert dadurch die hygroscopische Beschaffenheit und das Resorptionsvermögen dieser Gebilde. Die ärztliche Erfahrung zeigt übrigens, dass gewisse Arzneistoffe von der Haut aus in die Säftemasse übergehen können, namentlich wenn dieselben, z. B. Quecksilbersalbe, eingerieben werden. Der Uebergang scheint dann besonders durch Einpressen in die Schweissdrüsenöffnungen zu erfolgen. Entfernt man die Epidermis, z. B. mittelst eines Blasenpflasters, so zeigt die nunmehr blossgelegte Lederhaut ein ziemlich bedeutendes Resorptionsvermögen, welches therapeutisch nicht selten in Anspruch genommen wird.

41. Gewebeimbibition, Blut- und Lymphgefässresorption.

Bringt man in eine Wunde eine resorbirbare Flüssigkeit, so dringt 1) ein Theil derselben direkt in die benachbarten Gewebe, von Schicht zu Schicht, und zwar selbst bis zu einer gewissen Tiefe (Mitscherlich). Blutlaugensalz z. B. kann selbst in Schichten von einiger Entfernung noch nachgewiesen werden. 2) Das Meiste wird von den Blutgefässen aufgesaugt und mit dem Blutstrom fortgerissen, wodurch die Möglichkeit einer ununterbrochenen, raschen Resorption gegeben ist. Gifte gelangen auf diesem Wege sehr schnell zur Wirkung. 3) Eine dritte Portion wird von den Lymphgefässen aufgesaugt, jedoch viel

langsamer als von den Blutcapillaren, schon wegen der minder entwickelten Capillarität und der trägeren Circulation im Lymphsystem; zudem fehlen in manchen Organen die Lymphgefässe.

Durchschnitt Magendie alle Theile einer Extremität, die Hauptarterie und Vene ausgenommen, so trat nach Einverleibung des Giftes in die Extremitätenspitze (am besten wählt man, der heftigen Krämpfe wegen, Strychnin) Vergiftung ein und zwar mit gewöhnlicher Schnelligkeit. Unterbindung der Blutgefässe einer Extremität hebt dagegen die Giftwirkung auf; eben so wenig kann ein Frosch, der bei unterbundenem Herzen noch Stundenlang fortlebt, vergiftet werden. Daraus darf aber nicht gefolgert werden, dass die Lymphgefässe keine Gifte aufsaugen; die Lymphströmung in den Extremitäten hört nämlich auf, wenn die Blutcirculation daselbst zum Stocken kommt. Brachte Hunter in eine Darmschlinge ein Gift und unterband er die Lymphgefässe der Schlinge, mit Schonung der Blutgefässe, so trat die Vergiftung mit gewöhnlicher Schnelligkeit ein; sehr viel langsamer aber, wenn die Blutgefässe unterbunden und die Lymphgefässe frei gelassen wurden. Letzterer Versuch ist im Princip falsch; die Darmschlinge ohne Blutcirculation verhält sich bald wie eine gemeine Endosmosenmembran; das Gift transsudirt nach und nach durch die Darmwand und kann, von den Nachbartheilen resorbirt, später zur Wirkung gelangen.

42. Specialbedingungen der Resorption.

Zu messenden Versuchen eignen sich am besten oben und unten unterbundene Darmschlingen, welchen der zu resorbirende Stoff einverleibt wird. Von Einfluss auf den Vorgang ist:

1) *Die Beschaffenheit der aufsaugenden Fläche.* Manche Gifte, z. B. Curare, viele fixe Contagien u. s. w. werden nicht oder nur sehr schwer aufgesaugt von der Darmschleimhaut; durch Wunden an irgend welchen Körperstellen gelangen sie aber leicht zur Wirkung.

2) *Die Natur der aufzusaugenden Substanz.* Eiweiss z. B. wird viel langsamer resorbirt als Zucker; der Eiweissstrom gegen Wasser und wässrige Lösungen wird jedoch gefördert bei alkalischer Reaction der letzteren (Heynsius).

3) *Die Blutmenge,* welche durch die aufsaugende Fläche fliesst. Aderlässe setzen ebensowohl die Gesammtblutmenge des Körpers, als die in der Zeiteinheit circulirenden Blutmassen herab; sie verzögern sehr entschieden den Eintritt der ersten Vergiftungssymptome (Kaupp). Die Anwendung der Aderlässe in der Absicht, krankhafte Ergüsse schneller zur Aufsaugung zu bringen, ist häufig einer der grössten Irrthümer der praktischen Medicin gewesen.

4) *Concentration* der Lösung; je grösser dieselbe, desto stärker und schneller ist die Resorption (v. Becker).

5) *Das Schicksal des bereits Resorbirten.* Wird letzteres schnell chemisch umgesetzt in der Blutmasse, oder durch Ausscheidungen entfernt, so können neue Mengen leichter nachrücken.

b) Absonderung.

43. Grundbedingungen.

Die Absonderungsorgane bestehen im Wesentlichen aus einer secernirenden Membran (fast durchgängig Schleimhaut oder seröse Haut), deren freie Fläche mit einer Epitelialauskleidung versehen ist, und aus einem die Absonde-

rungsmembran umspinnenden Blutcapillarsystem. Die Absonderungsmembran ist entweder eine einfache Fläche (seröse Häute) oder es finden Flächenvermehrungen statt (Absonderungsdrüsen). In den verwickeltsten Fällen sind diese Vermehrungen ungeheuer im Vergleich zum Volum der Drüse. Man unterscheidet als Haupttypen die sackförmige, baumförmige, röhrenförmige und netzförmige Anordnung der Drüsenkanäle. Diese Oberflächenvermehrungen begünstigen die Secretmenge wesentlich; auf die Qualitäten der Secretionen ist dagegen der Bau der Drüse von keinem nachweisbaren Einflusse.

Die auf der freien Fläche der Absonderungsmembranen hervortretenden Flüssigkeiten entstehen dadurch, dass Bestandtheile der Blutflüssigkeit die Capillarwände und die secernirende Membran durchsetzen. Die Blutflüssigkeit tritt aber nicht in toto aus den Capillarwänden, sondern dieser Bestandtheil mehr, jener weniger, ein dritter gar nicht. Das Abgesonderte ist somit von der Blutflüssigkeit mehr oder weniger verschieden und der Process mit der gewöhnlichen Filtration nicht vergleichbar.

44. Ausschwitzungen und Secretionen.

Die Absonderungen zerfallen in zwei Gruppen. I. *Einfache Ausschwitzungen* (Transsudate). Alle Bestandtheile derselben sind im Blute als solche bereits enthalten, die Blutbestandtheile treten durch die Absonderungsmembranen ohne chemisch verändert zu werden, das Abgesonderte ist sonach blos ein Educt aus der Blutflüssigkeit. Hieher gehören: Harn, Schweiss, Thränen, Hirn- und Rückenmarksflüssigkeit, Humor aqueus des Auges, Fruchtwasser, die Flüssigkeiten der serösen Häute überhaupt. Wird die Ausschwitzung bei Entartung oder nach Ausrottung der Drüse gehemmt, so müssen sich die zur Absonderung bestimmten Massen im Blut ansammeln (z. B. der Harnstoff nach Ausschneidung der Nieren).

II. *Secretionen im engeren Sinne.* Diese enthalten zweierlei Bestandtheile 1) einfache Educte aus dem Blute, z. B. Wasser, Salze, und 2) neue Stoffe, die, als Produkte der Drüsenthätigkeit, den einzelnen Secreten eigenthümlich sind und von dem Secretwasserstrom gewissermaassen mit fortgerissen werden, z. B. die spezifischen Säuren der Galle, die sog. Fermentkörper der Verdauungssäfte. Diese spezifischen Stoffe spielen eine wesentliche Rolle im Getriebe derjenigen Functionen, an denen die Secrete sich betheiligen.

Die meisten Ausschwitzungen weichen in ihren Eigenschaften von der Blutflüssigkeit viel weniger ab als die Secrete im engeren Sinn. Unter den Flüssigkeiten der ersteren Classe erinnern namentlich die Transsudate der serösen Häute am meisten an das Blutplasma. Dieselben sind farblos, durchsichtig, von alcalischer Reaction; sie enthalten variabele Mengen Eiweiss, Fette und fettähnliche Körper in kleinen, Extractivstoffe in grösseren Antheilen, sowie die gewöhnlichen Blutsalze. Ihre Concentration ist aber gering, sie führen bloss 1—4% Fixa.

45. Specifität der Absonderungen.

Alle Absonderungen entstehen aus einem Material von gleicher Beschaffenheit, dem arteriellen Blut; nur die Galle wird aus venösem Blut gebildet. Die

Besonderheiten der einzelnen Absonderungen werden wenigstens im Allgemeinen begreiflich aus der Annahme wesentlicher Verschiedenheiten der endosmotischen Kräfte der einzelnen Absonderungsmembranen. Die Erklärung aber der Besonderheit einer bestimmten Absonderung, der Nachweis also, warum in einer gegebenen Drüse nur dieser und jener Bestandtheil und zwar jeder derselben in einem bestimmten Mengenverhältniss durch die Drüsenmembran tritt, dieses sind ungelöste Probleme der Physiologie. Die vom Blute in einer Drüse abgegebenen Bestandtheile dienen 1) zur Herstellung der Absonderung, 2) zur Unterhaltung des Stoffwechsels der Absonderungsmembran und 3) zur Bildung von Lymphe. Die Absonderungsmembran ist also der Ort sehr verschiedener Vorgänge, die unter sich offenbar in quantitativen, wohl auch qualitativen, freilich gänzlich unbekannten, Wechselbeziehungen stehen.

Die Specifität der Absonderungen kann nicht herrühren von Verschiedenheiten der endosmotischen Kräfte der Wandungen der Blutcapillaren, sondern von den Eigenschaften der secernirenden Membranen selbst und deren sog. Epitelialauskleidungen.

46. Epitelien der Drüsenmembranen.

Die Constanz der Epitelien deutet auf wichtige Beziehungen zur Absonderung (Goodsir, Will, Luschka). Zunächst muss die Epitelschicht, welche die secernirenden Stellen der Drüsen überzieht, als eine mit besonderen endosmotischen Kräften begabte Membran, von Einfluss auf die Absonderung selbst sein. In denjenigen Drüsen, welche Secrete im engeren Sinne bilden, werden ausserdem die Epitelzellen das Absonderungsmaterial zu eigenthümlichen Absonderungsstoffen verarbeiten. Aber auch die grössern Drüsenkanäle, welche kein specifisches Secret bilden, sondern bloss als Ausführungsgänge dienen, sind mit Epitel und mit einer sehr dünnen Schleimlage überzogen. Dadurch wird die Resorption des Secretionswassers in hohem Grade, die Resorption gewisser gelöster Secretbestandtheile aber vollständig verhütet.

Die Epitelzellen mischen sich den Secreten selbst bei. Die einfachen Ausschwitzungen, so wie eine Anzahl wahrer Secrete, z. B. die Galle, enthalten solche morphologische Bestandtheile nur vereinzelt, gewissermaassen zufällig. Manche Secrete dagegen, z. B. der Schleim, führen diese Beimischungen in grossen Mengen, so zwar, dass die abgestossenen Zellen mit dem Secretionsfluidum in endosmotische Wechselwirkung treten, sich selbst zum Theil in ihm lösen und die Charaktere des Secretes bestimmen (s. Schleim, 49). Das Talgdrüsensecret der Haut besteht fast nur aus Zellen und zerfallenen Zellen. Bei der Samenbereitung endlich spielen die sog. Epitelien der Samenkanälchen eine ganz besondere Rolle.

47. Typus der Absonderungen.

Manche Absonderungen geschehen intermittirend, z. B. die des Magensafts; andere werden ohne Unterbrechung gebildet, jedoch mit grösseren oder geringeren

Schwankungen ihrer Mengen und Qualitäten, z. B. der Harn; andere endlich treten nur in gewissen Lebensperioden auf (Milch- und Samensecretion). Nehmen die Absonderungen bedeutend zu, so können die Drüsencanäle passiv erweitert werden durch die stärkere Ansammlung von Secretmassen.

Der Gegendruck des in den Drüsenkanälen enthaltenen Secretes gegen die nachrückenden Absonderungsmassen kommt unter normalen Verhältnissen wenig in Betracht. Nimmt aber der Druck der Secretmassen, z. B. nach Unterbindung des Ausführungsganges, bedeutend zu, so wird das Nachrücken neuer Mengen erschwert oder (s. 245) gänzlich gehemmt. Die Drüsenkanäle werden dann stark ausgedehnt; der Druck des Angesammelten kann selbst viel grösser sein als der Blutdruck (Ludwig), gleichwohl aber ist die Secretion nicht vollständig aufgehoben. Die Secretmassen schwitzen nunmehr entweder aus durch die Wände der Ausführungsgänge, oder sie können in einzelnen Fällen den gespannten Ausführungsgang sogar zum Bersten bringen.

Die Secretionsprocesse beruhen wesentlich auf Molecularwirkungen der Drüsenmembranen; Veränderungen im Druck des Blutes wie der Secrete ändern desshalb die Secretionen nicht wesentlich, sondern modificiren dieselbe bloss mehr oder weniger. Der Einfluss des Blutdruckes auf die Secretionen ist häufig sehr übertrieben worden; in kleinen Thieren sind die Blutdrücke gering (177), trotzdem erfolgen hier die Secretionen, relativ zum Körpergewicht, in grossen Mengen.

Endlich steht die Zusammensetzung der Secrete in einer gewissen Abhängigkeit von der Blutbeschaffenheit, doch kennt man die Grösse dieser Abhängigkeit für die normalen Schwankungsgrenzen nicht näher. Verändert man das Blut stark, z. B. durch Wassereinspritzungen, so werden die Secrete wässeriger; nach Kochsalzinjectionen werden dieselben viel reicher an diesem Bestandtheil. Es können selbst nach eingreifenden Veränderungen der Blutmischung, Bestandtheile in grosser Menge in den Secreten auftreten, die normaliter in ihnen fehlen. So macht z. B. starke Wasserinjection in das Blut den Harn eiweisshaltig (Kierulf).

Die Zunahme der Absonderung ist immer begleitet: 1) von grösserem Blutreichthum der Drüse. Es strömt offenbar mehr Blut durch die Drüse; damit will aber nicht behauptet werden, dass die grössere Blutzufuhr an sich schon grössere Secretmengen bedinge. Es greifen nämlich noch wesentlich ein 2) die „Stimmungen“, die variabelen endosmotischen Kräfte (wir müssen uns mit solchen vagen Ausdrücken begnügen) der Drüsenmembranen; welche ihrerseits wieder in einer gewissen Abhängigkeit vom Nervensystem zu stehen scheinen (100). 3) Starke Vermehrung einer Absonderung kann die Menge gewisser anderer Absonderungen erheblich vermindern. Ein derartiger Antagonismus besteht z. B. zwischen Haut und Nieren; reichlicher Schweiss mindert den Harn.

48. Fortschaffung des Abgesonderten.

Diese hängt zunächst ab von der Form der Absonderungsmembran.

I. Die Membran bildet eine geschlossene Höhle (seröse Säcke), Synovialkapseln der Gelenke). Das Abgesonderte ist eingesackt und kann als Ganzes nicht abfliessen, wohl aber durch Aufsaugung seiner Einzelbestandtheile nach und nach entfernt werden und neuen Massen Platz machen. Der Stoffwechsel ist hier nicht bedeutend; er wird ermöglicht, indem gewisse Bestandtheile des Abgesonderten sich chemisch umsetzen und zugleich die Blutbeschaffenheit sich etwas ändert. Beide Fälle führen zu gegenseitigen Endosmosenströmen.

II. Die Absonderungsmembran stellt eine freie Fläche dar. Das Abgesonderte kann in toto ablaufen und somit neues Material leicht nachrücken.

Gewisse Absonderungen sammeln sich in grösseren Behältern an, um aus diesen periodisch ergossen zu werden (Urin, Galle). In diesen Behältern erleiden sie nachträgliche Veränderungen, namentlich durch theilweise Wasserresorption.

Bezüglich ihrer weiteren Schicksale kann man die Absonderungen eintheilen in 1) reine Secretionen, welche spezielle physiologische Verwendungen finden, (z. B. Verdauungssäfte, Samen). 2) Reine Excretionen. Das Abgesonderte wird unbenützt ausgestossen aus dem Körper (Harn, Schweiss). 3) Gemischte Absonderungen. Gewisse Bestandtheile werden wieder in die Blutmasse aufgesaugt, überhaupt weiter verwerthet, andere aber werden ausgestossen (Galle).

49. Schleim.

Dieses Secret überzieht als dünnere oder dickere Schicht die Oberfläche der Schleimhäute, hält dieselben feucht und schlüpfrig und vermindert (s. 46) deren Resorptionsvermögen. Obschon der Schleim je nach den Körperlocalitäten Verschiedenheiten bietet, so ist die Aufstellung einer „Schleimsecretion“ als Collectivbegriff gleichwohl gerechtfertigt; wir müssen desshalb diesen Prozess, der in verschiedenen Einzelfunctionen im Wesentlichen in derselben Weise wiederkehrt, hier betrachten.

Das Secret ist viscös, farblos oder schwach weisslich-trüblich, in der Regel von alcalischer Reaction; es enthält 4—6% Fixa. Der Hauptbestandtheil ist ein stickstoffhaltiger, noch nicht rein dargestellter Körper: Schleimstoff (Mucin); derselbe wird nicht gefällt durch Kochen, wohl aber durch Alcohol, Essigsäure u. s. w.; in Wasser ist er bloss quellbar und verleiht dadurch dem Secret den Charakter der Viscosität. Ausserdem sind kleine Mengen Eiweiss, sowie relativ viele Chloralcalien in manchen Schleimarten hervorzuheben. Die Stärke der Secretion ist nicht zu messen; krankhafter Weise (in catarrhalischen Zuständen der Schleimhäute) kann sie bedeutend zunehmen. Das Secret enthält abgestossene Epitelzellen der Schleimhaut in grosser Menge, sowie auch sog. Schleimkörperchen, runde granulirte Zellen, die den Typus der farblosen Blutkörperchen, Chyluskörper, Eiterkörperchen u. s. w. wiederholen.

Die Schleimkörperchen stellen nach der gewöhnlichen Annahme junge abgestossene Zellgebilde aus den Schleimdrüschen dar; im normalen Secret sind sie relativ sparsam, im Catarrh der Schleimhäute aber nehmen sie ungeheuer zu. Die Hauptquellen des Secrets sind die Schleimdrüsen selbst, deren Mengen- und Formverhältnisse in den verschiedenen Schleimhautbezirken übrigens bedeutend wechseln; doch trägt auch die freie Schleimhautoberfläche zur Absonderung bei; an gewissen Schleimhautstellen fehlen sogar die Drüschen.

Die Betheiligung des Epitelialüberzuges bei der Schleimbereitung wurde schon in 46 angedeutet. Die den Epitelien verwandten Epidermiszellen sind löslich in verdünnter Kalilauge; die Lösung bietet auffallende Aehnlichkeiten mit schleimhaltigen Flüssigkeiten. Auch die Gelenkflüssigkeit (130) enthält einen dem Mucin analogen Körper, welchen Frerichs von abgestossenen und in der alcalischen Synovia nachträglich aufgelösten Epitelzellen der Synovialmembran ableitet. Die Annahme ist somit nicht ungegründet, dass die Auflösung oder doch theilweise Extraction von Epitelzellen zur Bildung der wesentlichsten Bestandtheile der Schleimsecretion beitrage.

50. Flimmerbewegung.

Die Epitelzellen gewisser Schleimhautflächen sind mit feinen, in lebhafter Bewegung begriffenen Wimperhärchen versehen (Purkinje und Valentin).

Die flimmernden Stellen des menschlichen Körpers sind 1) Nasenhöhle (mit Ausnahme ihrer untersten Stellen) und deren Nebenhöhlen; nur in den Thränenwegen fehlen die Wimpern nach R. Maier, 2) oberster Theil des Schlundes sammt Eustachischer Röhre und Trommelhöhle, 3) Schleimhaut der Athemwerkzeuge, die Lungenzellen ausgenommen, 4) Höhle der Gebärmutter und Fallopische Röhren, 5) Kopf des Nebenhoden. Ausserdem kommt die Wimperbewegung vor in den Hirnhöhlen.

Die Hauptformen der Bewegungen der Flimmerhärchen sind abwechselnde Biegungen und Streckungen und zwar bei allen in derselben Richtung, oder Kreisbewegungen der freien Spitzen der Härchen. Die Bewegungen, welche sich 100—300 mal in der Minute, oftmals noch viel häufiger wiederholen, erzeugen Ströme unmittelbar an den Wänden der Fläche, wodurch feine Körperchen, z. B. Kohlenstaub, ziemlich schnell (auf der Respirationsschleimhaut nach Biermer in 1 Minute 2—3 Linien weit) fortbewegt werden. Der physiologische Nutzen des Phänomens besteht in der Fortbewegung des Schleims gegen die Ausführungsgänge hin. Die Ursache der, vom Nervensystem durchaus unabhängigen und Stunden lang nach dem Tode fortdauernden Bewegungen ist unbekannt. Dieselben werden, wenn sie verlangsamen oder aufhören, wieder angeregt durch einige Zusätze, z. B. verdünnte Kalilösung (Virchow) oder durch mechanische Erschütterungen (Valentin). Eine grosse Anzahl anderer Körper dagegen verlangsamt, oder vernichtet diese Bewegungen.

c) Ernährung der Gewebe und Organe.

51. Der parenchymatöse Stoffwechsel überhaupt.

Die Ersatzmaterialien der Gewebe und des Parenchyms der Organe stammen aus dem Blut. Die Ernährung eines Körpertheils und dessen physiologische Leistungen nehmen daher ab nach Erschwerung der Blutzufuhr, während vollständige Hemmung derselben, Vernichtung der normalen Structur und eingreifende chemische Abnormitäten des Stoffwechsels nach sich zieht, die sich äusserlich als sog. Brand und Absterben des Theiles kundgeben.

Die Beziehungen aber sind wechselseitig zwischen Blut und Geweben. Die letzteren sind infiltirt von den sog. Gewebssäften; deren Bestandtheile abstammen: 1) vom Blute, um entweder Bestandtheile der Gewebe selbst zu werden, oder in die Lymphgefässe überzutreten und 2) von den Geweben, deren Thätigkeiten begleitet sind von chemischen Umsetzungen. Die Umsatzkörper, z. B. Harnstoff, Kohlensäure, gehen zurück in das Blut und zwar direkt durch die Wände der Capillargefässe. Wir haben also, wenn wir absehen von den zur Bildung der Lymphe verwendeten Stoffen, zu unterscheiden einen Strom in der Richtung gegen die Gewebe, und einen zweiten Strom gegen das Blut. Der erstere liefert den Geweben die Ersatzstoffe, Bestandtheile, die einer progres-

siven Metamorphose entgegengehen: Proteinkörper, Fette, Salze (gewisse Extractivstoffe); der zweite Strom führt Stoffe der regressiven Metamorphose, die als Auswürflinge zunächst ins Blut übergehen, um schliesslich durch gewisse Absonderungen aus dem Körper entfernt zu werden. Das Blut stellt den allgemeinen Mittel- und Durchgangspunkt dar für den Stoffwechsel überhaupt, die speciellen Gewebesäfte dagegen sind die besonderen Centralpunkte, die Mittelglieder für die in den einzelnen Geweben nach verschiedenen Richtungen hin erfolgenden Stoffbewegungen.

Wenn die Secretionsprocesse, obschon die Producte dieser mehr einseitigen Thätigkeiten, die Secrete nämlich, nach Menge und Zusammensetzung der direkten Untersuchung offen stehen, fast nur äusserlich bekannt sind, so gilt das um so mehr von den ungleich vielseitigeren Stoffwechselerscheinungen in den Geweben selbst. Denn: 1) man kennt die reinen Gewebssäfte nicht, indem das aus den Geweben Ausgepresste fremde Bestandtheile, z. B. Blut, Lymphe, enthalten muss. 2) Aber selbst die vollständige Kenntniss der Gewebsäfte würde bloss zur Procentzusammensetzung einer komplexen Flüssigkeit führen, dagegen nichts aussagen über die Mengen der Einzelbestandtheile, welche in bestimmten Zeiten den Durchgang durch den Gewebsaft genommen haben. 3) Die Blutmengen, welche den Organen zuströmen, sind so ausserordentlich gross gegenüber den in die Gewebe abgegebenen Stoffmengen, dass die Vergleichung der venösen Blutarten unter sich wenig aussagen kann über die örtlichen Stoffwechselvorgänge selbst. Alle diese Schwierigkeiten der direkten Untersuchung sind derartig, dass man fast gar keine faktischen Anhaltspunkte hat für die speciellen Gestaltungen des Orts- und Stoffwechsels, die in den einzelnen Geweben vor sich gehen.

52. Stärke des parenchymatösen Stoffwechsels.

Der Stoffwechsel zwischen Blut und Geweben erfolgt ohne Unterlass, jedoch mit bedeutenden quantitativen und qualitativen Abänderungen entsprechend den jeweiligen Thätigkeitszuständen des Gesammtorganismus und der Einzelorgane insbesondere. Jede Functionssteigerung hat sogleich zur Folge einen grösseren localen Blutzufluss, vermehrten Stoffverbrauch von Seiten des mehr leistenden Organes, stärkere Aufnahme von Ersatzmaterial aus dem Blut, vermehrte Abgabe von Produkten der regressiven Metamorphose zurück in das Blut, sowie endlich Zunahme der Bildung der Organlymphe.

Die verschiedenen Organe und Gewebe zeigen hinsichtlich der Stärke ihres Stoffwechsels die grössten Unterschiede. Zahlenwerthe aber der relativen, geschweige der absoluten, Stoffwechselgrössen der einzelnen Organe und Gewebe können nicht aufgestellt werden. Es fehlen somit die Grundelemente einer Physiologie der Ernährung der Gewebe. Einige Anhaltspunkte, wenigstens über die relativen Stoffwechselmaasse geben: der Blutgehalt der Theile (solche mit bedeutendem Stoffwechsel sind bevorzugt durch einen grösseren Reichthum an Blutgefässen); die Erfahrungen über die Geschwindigkeit der Verheilung von Wunden und den Regenerationsprocess (59), sowie über die Zeitdauer des Eintretens des Brandes nach Hemmung der Blutzufuhr. Auch dürften gewisse physikalische Eigenschaften: Cohäsion, Imbibitionsfähigkeit zu beachten sein; der Imbibition zugänglichere Theile zeigen einen stärkeren Stoffwechsel. Klinische Erfahrungen, z. B. die Vergleichung der Zeitdauer gewisser Krankheitsprocesse in verschiedenen

Geweben und Organen dürften, richtig interpretirt, mancherlei Aufschlüsse bieten.

53. Abhängigkeit der Ernährung vom Blut.

Dass die Blutbeschaffenheit von Einfluss sein muss zunächst auf die Gewebesäfte, ist klar. Der jeweiligen Blutmischung entspricht also in jedem Organ eine bestimmte Zusammensetzung des Gewebsaftes; nach plötzlicher Aenderung der ersteren ändern sich sogleich auch die letzteren. Künstlicher Wasserreichthum des Blutes, z. B. durch Einspritzung grösserer Wassermassen in den Kreislauf, bewirkt einen höheren Wassergehalt der Organe, in einzelnen derselben sogar Wassersuchten (Oedeme, Hydropsien). Nach Injection von Salzen in das Blut, z. B. von dem leicht nachweisbaren Ferrocyankalium, geht augenblicklich ein Theil des Einverleibten über in die Gewebe.

Diese Wirkungen sind leicht zu constatiren, eben weil sie dem normalen Stoffwechsel gar zu ferne liegen; die Einflüsse aber der innerhalb engerer Grenzen schwankenden normalen Blutbeschaffenheiten auf die Ernährung der Einzelorgane sind unbekannt. Merkwürdig bleibt es jedenfalls, dass das Blut, wenigstens einigermaassen kräftiger Individuen, sehr bedeutende und plötzliche Qualitätsänderungen erträgt, ohne dass eingreifende Functionsstörungen nothwendig eintreten. Den besten Beweis dafür liefert die Transfusion des Blutes. Man kann einem Thiere Blut entziehen und demselben, ohne Nachtheil, zum Ersatz solches eines anderen Individuums derselben Art, ja selbst fremder Gattungen in die Adern spritzen. Bischoff injicirte sogar defibrinirtes Säugethierblut ohne Beeinträchtigung in die Adern von Vögeln. Man kann selbst einem Hund, durch portionenweise Blutentziehungen und entsprechende Einspritzungen von Ersatzmassen aus anderen Hunden, sein ursprüngliches Blut ohne irgend einen sichtlichen Nachtheil vollständig entziehen.

Diese Thatsachen machen wahrscheinlich: dass zunächst nur die Gewebsäfte, gewissermaassen die Continuationen der Blutflüssigkeit in das Parenchym der Organe, in unmittelbarer und grosser Abhängigkeit stehen von der Blutbeschaffenheit, weniger aber die eigentlichen Bestandtheile der Gewebe. Die Stoffe, welche die Gewebe selbst den sie infiltrirenden Gewebsäften entziehen, variiren demnach, in ihren absoluten und relativen Mengen, viel weniger als die Stoffe, welche das Blut abgiebt an die Gewebsäfte. Dadurch ist den Organen eine gewisse, wenn auch immerhin beschränkte, für ihre Functionirungen aber unentbehrliche Selbstständigkeit verliehen, gegenüber den sie durchziehenden Säften.

Der Einfluss des Blutdruckes ist schon früher erwähnt (47).

Die beim parenchymatösen Stoffwechsel zunächst wirkenden Kräfte sind 1) einfachere physikalische, namentlich die Molekularkräfte, welche z. B. in der Endosmose und Imbibition auftreten, 2) aber auch chemische Attractionen. Dass z. B. der Uebergang von Sauerstoff aus dem Blut in das Parenchym grösstentheils hieher gehört, kann keinem Zweifel unterliegen.

Die Specifität der Ernährungserscheinungen der Einzelgewebe ist so unerklärt, wie die Specifität der Secretionen.

Die Einflüsse des Nervensystems s. 100.

54. Gefässführende Gewebe.

Hinsichtlich ihrer Beziehungen zum Blut zerfallen die Gewebe in 2 Classen: in gefässhaltige und gefässlose. Was die ersteren betrifft, so variiren deren Capil-

laren, je nach den Körperstellen, vielfach nach Zahl, Configuration, Dicke u. dgl. oft auf eine für die Einzelgewebe und Organe durchaus charakteristische Weise. Das in den Capillaren circulirende Blut kommt in endosmotische Wechselwirkungen zunächst mit den Gewebsäften. Die Kleinheit dieser Maschenräume und der Reichthum an Capillaren bedingt eine grosse gegenseitige Contactfläche und begünstigt dadurch in hohem Grad die Stärke des Stoffwechsels. Nach einer gewissen Zeit ist das Gewebe, obschon es in Form, chemischer Constitution und Leistungen vollkommen gleich geblieben, aus durchaus neuen Massen zusammengesetzt; mit einem Worte: der Stoffwechsel besteht hier in Partialerneuerungen der die Gewebe constituirenden Stoffe, von denen jeder einzelne seine besondere, in keinem einzigen Beispiel aber näher gekannte, Stoffwechselgeschwindigkeit hat.

Von einer Erörterung der Einzelgewebe und Organe müssen wir absehen; sie würde zudem kaum über das hinaus gehen, was die Histologie und Zoochemie über die morphologischen und chemischen Bestandtheile der Gewebe u. s. w. lehren. Bloss auf die Ernährung der Knochen soll kurz eingegangen werden.

55. Knochen.

Der Knochen stellt ein Balkengerüste dar, welches von Interstitialräumen von verschiedener Grösse und Gestalt durchzogen wird. Man unterscheidet (abgesehen von zahlreichen gröberen oder feinen Oeffnungen auf der Knochenoberfläche für die Blutgefässe) I. als grösste Lacunenräume in den Röhrenknochen die Markhöhle (im Mittelstück derselben) und in den spongiösen Knochen die zahlreichen Markzellen. Beide sind mit gefässreichem fetthaltigem Knochenmark ausgefüllt. II. Die, besonders in der compacten Knochensubstanz zahlreichen, unter sich anastomosirenden Havers'schen Canäle (Knochencanäle), welche Gefässe und Nerven, nicht aber Knochenmark enthalten. Diese Canäle münden in die Markhöhle (resp. Markzellen), sowie auf der Knochenoberfläche; um dieselben ist die Knochensubstanz in concentrischen röhrenförmigen Schichten gelagert. Die eigentliche Knochensubstanz ist gefäss- und nervenlos, dagegen durchzogen III. von den regelmässig angeordneten sog. Knochenkörperchen (Knochenzellen) mit vielfachen sehr feinen Ausläufern. Diese enthalten die eigentliche Ernährungsflüssigkeit des Knochengewebes; sie stellen übrigens keine blossen Hohlräume dar, sondern sind von einer dünnen Membran begrenzt (Virchow). Die den Markräumen, den Havers'schen Canälen und der Knochenoberfläche zunächst liegenden Knochenkörperchen münden mittelst ihrer Ausläufer frei; die letzeren führen desshalb dem Knochengewebe die von den Blutgefässen abgegebene Ernährungsflüssigkeit zu. Gerlach hat von den Havers'schen Canälen aus die Knochenkörperchen mit Injectionsmasse gefüllt. Die Ausläufer benachbarter Knochenkörperchen anastomosiren aber auch vielfach untereinander, so dass die Ernährungsflüssigkeit die gefässlose Knochensubstanz nach allen Richtungen durchziehen kann.

Das trockene Knochengewebe (abgesehen von den accessorischen Theilen)

besteht zu etwa 1/3 aus Knorpel (Hauptbestandtheil: leimgebende Substanz) und 2/3 unorganischen Verbindungen, welche die knorplige Grundlage vollkommen durchdringen, nämlich basisch phosphorsaurer Kalk (3 Ca O, PO_5, 57% der ganzen Knochenmasse), kohlensaurer Kalk 7, phosphorsaure Magnesia 1—2 und Fluorcalcium gegen 1%. Der Wassergehalt der Knochen variirt in hohem Grad nach den Localitäten; im Mittel beträgt er etwa 23% (Friedleben).

56. Stoffwechsel im Knochen.

Der Stoffwechsel in der eigentlichen Knochensubstanz wird nach Obigem zunächst von den Knochenzellen sammt deren Ausläufern vermittelt; gleichwohl unterscheidet sich derselbe wenigstens im allem Wesentlichen, nicht von den Ernährungsvorgängen der übrigen gefässführenden Gewebe.

Knochensubstanz kann unter regelwidrigen Bedingungen in verschiedenen anderweitigen Geweben entstehen; für die normale Bildung und Ernährung der Knochen sind aber zwei Gewebe allein bedeutungsvoll, nämlich 1) Knorpelgewebe. Die meisten Knochen (740) haben Knorpel zu Vorläufern; die Ossificationsprocesse geschehen zum Theil erst nach der Geburt. Der Knorpel wandelt sich übrigens nicht direct in Knochensubstanz um, sondern er stellt nur die Localität dar, in welcher, nach vorheriger Verflüssigung der knorpligen Grundlage, sich Knochenmasse entwickelt. (Wegen der morphologischen Charaktere dieses Vorgangs s. die Lehrbücher der Histologie.) 2) Das Periost. Sogar die abgelöste Beinhaut schwitzt auf ihrer Innenseite ein Blastem aus, welches, namentlich bei jungen Thieren, im Verlauf einiger Wochen in wahre Knochensubstanz sich umwandelt. Dies ist selbst dann der Fall, wenn der Beinhautlappen vollständig abgetrennt und in andere Körperstellen verpflanzt wird. (Ollier.) Die Chirurgie sucht desshalb bei den Resectionen der Knochen durch thunlichste Erhaltung des Periost's günstigere Bedingungen für die Wiedererzeugung des ausgesägten Knochenstückes herzustellen.

Der wachsende Knochen (wir beschränken uns auf die Röhrenknochen) legt zu an Länge und Dicke. Das Dickenwachsthum geschieht vom Periost aus, welches eine Ausschwitzungsmasse liefert, die in Knochengewebe sich umsetzt. Die Markhöhle dagegen vergrössert sich durch Resorption der diese jeweils begrenzenden Knochenschicht. Duhamel legte einen silbernen Ring um einen Röhrenknochen einer jungen Taube und fand denselben später in der Markhöhle, welche den gleichen Durchmesser erlangt hatte wie der Ring. Das Längswachsthum dagegen geschieht (vorzüglich) da, wo das Mittelstück an die Gelenkstücke anstost, indem die knorplige Verbindungsmasse beider ossificirt, zugleich aber beständig neue Knorpelmasse sich daselbst bildet, die wiederum demselben Schicksal entgegengeht. Mit der vollständigen Verknöcherung des Gelenkstückes kommt der Vorgang zum Stillstand. Wird in jedes Ende des Mittelstückes eines wachsenden Knochens ein Loch gebohrt, so verändert sich der Abstand beider Punkte beim fernerem Wachsthum nicht wesentlich (J. Hunter).

Dieser Ansatz in der Längsrichtung erfolgt übrigens nicht gleichmässig an den beiden Enden des Mittelstückes; die Ober- und Verderarmknochen wachsen stärker an den dem Ellbogen entgegengesetzten, die Ober- und Unterschenkelknochen aber an den dem Knie zugewandten Enden (Ollier).

Beim ausgewachsenen Knochen findet eine Bildung neuer Lagen nicht mehr statt. Ueber die Intensität des Stoffwechsels fehlen aber sichere Anhaltspunkte; unter abnormen Bedingungen, bei Knochenbrüchen u. s. w. geschieht die Regeneration ziemlich rasch. Selbst bedeutende Substanzverluste können unter Umständen in wenigen Monaten ersetzt sein. Mangel an Kalksalzen in der Nahrung macht namentlich in Vögeln die Knochen dünner (Chossat), wobei nicht etwa bloss die erdigen, sondern alle Bestandtheile gleichmässig resorbirt werden, da nach Alph. Milne-Edwards die procentigen Werthe der Einzelbestandtheile sich nicht verändern.

Ueber den Stoffwechsel im Knochen herrschten früher sonderbare Ansichten. Duhamel fütterte junge Thiere kurze Zeit mit Krapp und fand, dass anfangs bloss die äussere, dem Periost zunächst gelegene Knochenschicht sich roth färbte. Die Färberröthe hat nämlich Verwandtschaft zum phosphorsauren Kalk des Knochens. Wurde der Krapp eine gewisse Zeit gereicht, so war der ganze Knochen gefärbt; geschahen die Fütterungen in abwechselnden Perioden mit und ohne Zusaz von Krapp, so sollen die Knochen abwechselnde, concentrische, gefärbte und ungefärbte (?) Schichten gezeigt haben. Daraus schlossen Duhamel und Flourens: die Beinhaut schwitzt beständig neues Knochenmaterial aus und dasselbe rückt allmälig nach innen, um, an der Wandung der Markhöhle angelangt, aufgesaugt zu werden. Beim wachsenden Knochen findet, wie gesagt, eine Bildung neuer Knochenlagen vom Periost aus statt; aber dieser Process erfolgt unendlich viel langsamer als die Färbung der Knochen. Mehrere der Duhamel'schen Angaben sind übrigens falsch. Der Knochen färbt sich an allen Stellen, allerdings aber stärker an den dem Periost zunächst liegenden. Die abwechselnden, gefärbten und ungefärbten Ringe existiren in der scharfen Sonderung, wie Duhamel behauptete, nicht.

57. Gefässlose Gewebe mit Integralerneuerung.

Hierher gehören die, freie Flächen überziehenden, Epidermis, Nägel, Haare, Epitelien. Sie erhalten von einem blutgefässeführenden Mutterboden ihr Material und bestehen in der Regel aus mehreren Schichten, nämlich aus jüngeren, dem Mutterboden zunächst liegenden, und aus älteren, oberflächlichen. Die Bildung neuer Massen erfolgt aber continuirlich, sodass unter der fertigen Schicht immer eine neue in Bildung begriffene Lage sich befindet. Dadurch werden die älteren Schichten immer mehr vom Mutterboden entfernt, um schliesslich allmälig abgestossen oder sonst beseitigt zu werden. Diese Zellen und ihre weiteren Abkömmlinge bleiben somit keine permanenten Bestandtheile des Körpers, sondern es rücken beständig neue nach, um in toto, gewissermaassen als Zellenindividuen, zu Grunde zu gehen. Der Vorgang besteht demnach bei diesen gefäss- und nervenlosen Geweben in einer beständigen Integralerneuerung. Der Process hat gewisse Analogien mit dem der Secretion; ob das von dem Mutterboden Ausgeschwitzte flüssig bleibt oder fest wird, ist, wenn es sich um das Wesen des Vorganges handelt, gleichgültig; zudem bietet das dicke Secret der Talgdrüsen der Haut deutliche Uebergänge zwischen beiden Vorgängen. Die

bereits gebildeten Schichten sind übrigens keine todten Massen, die bloss nach Aussen fortgeschoben werden; sie verändern sich vielmehr in ihren morphologischen, physikalischen und chemischen Charakteren. Die Haare z. B. ergrauen sehr oft von ihrer Spitze aus, Lücken freilich, welche man z. B. in die Epidermis oder die Nägel einschneidet, werden nicht ausgefüllt.

Hinsichtlich ihrer Wechselwirkungen mit dem Mutterboden zeigen diese Gewebe grosse Unterschiede. Solche gegenseitige Beziehungen fehlen vollkommen, d. h. die Theile nehmen bloss Blutbestandtheile auf, geben aber nichts an das Blut zurück, bei den dickeren Epidermoidalgebilden (Nägeln) und den Haaren (jedenfalls in den älteren Schichten derselben). Ganz anders aber verhält es sich bei den Epitelien, wo alle physikalischen Bedingungen zu endosmotischen Wechselwirkungen mit ihren gefässführenden Unterlagen gegeben sind. Diese Gebilde müssen, ehe sie abgestossen werden und der Integralerneuerung anheimfallen, Partialerneuerungen in rascherem oder trägerem Wechsel erfahren haben.

Die Epidermoidalgebilde wachsen langsam; eine hinten an der Lunula gemachte Lücke im Nagel braucht 4 — 5 Monate, um den Nagelrand zu erreichen. Das Haar vergrössert sich anfangs relativ schnell, später aber langsamer; häufiges Abschneiden befördert bekanntlich den Haarwuchs. Nach einer bestimmten Zeit wird das Haar abgestossen und durch ein neues in demselben Haarbalg ersetzt (Heusinger). Die Augenwimpern fallen schon nach 100 — 150 Tagen aus (Donders). Das Ergrauen in allerkürzester Zeit (es gibt nicht abläugbare historisch beglaubigte Fälle der Art), ist eine noch unerklärliche Thatsache.

Gewisse Schleimhäute und Drüsencanäle stossen Epitelien in geringem, andere in stärkerem Grad ab; alle aber produciren im sog. catarrhalischen Zustand enorme Massen von Epitelzellen. Dann findet eine einfache Abstossung, eine einseitige Integralerneuerung statt, während im Normalzustand der Schleimhaut, wie wir oben vermutheten, neben einer mässigen integralen, eine überwiegende partiale Erneuerung vorhanden ist.

58. Gefässlose Gewebe mit Partialerneuerung.

Die Krystallinse des Auges bietet diese Art von Stoffwechsel. Wird sie entfernt, so bildet sie sich wieder von der Linsenkapsel aus. Bei der fertigen Linse können aber Integralerneuerungen unmöglich stattfinden, d. h. eine beständige Neubildung von Linsensubstanz von der Kapselwand aus und ein Fortrücken des Gebildeten gegen den Linsenkern. Wie sollte in letzterem eine Aufsaugung der Formelemente möglich sein? Der Stoffwechsel besteht in Partialerneuerungen; die Linsenkapsel gibt Stoffe her und nimmt welche auf aus der Linsensubstanz. Der Kern der Linse ist fester als deren Peripherie; letztere enthält auch diejenigen Gewebsaftbestandtheile, welche zum Kern gehen oder von demselben kommen. Die äusserste Lage, als Durchgangsschicht des gesammten Linsenstoffwechsels, hat die weicheste Consistenz.

Der Stoffwechsel in der Linse ist möglicherweise nicht unbedeutend; in einzelnen Fällen wenigstens können Trübungen des Organes sehr schnell auftreten. Die an

sich gefässlose Linsenkapsel zieht ihr Material vorzugsweise aus dem Humor aqueus und vitreus; der grosse Gefässreichthum der Iris und der Processus ciliares unterstützt indirekt auch den Stoffwechsel der Linse. Ausserdem liegt die Annahme nahe, dass die Schwankungen des Druckes, denen die Linse, namentlich beim Nahe- und Fernsehen, ausgesetzt ist, von Einfluss auf ihre Stoff-Aufnahme und Abgabe sein werden.

Die Knorpel enthalten Blutgefässe, so lange sie wachsen; ihr Stoffwechsel ist dann relativ rasch. Die Knorpel des Erwachsenen haben aber keine (oder höchstens an gewissen Stellen der Peripherie sparsame) Blutgefässe. Sie werden ernährt von dem gefässführenden Perichondrium, die Gelenkknorpel von den anstossenden Knochenlagen aus, während vielleicht noch eine Nebenwirkung der Synovia in der Vermittelung des Stoffwechsels im Knorpel besteht. Letzterer geschieht sehr träge; wird ein Knorpelstückchen ausgeschnitten, so füllt sich die Lücke langsam aus, jedoch nur mit Bindegewebe. Die so sehr variirenden Drücke, denen die Gelenkknorpel ausgesetzt sind, dürften dem Stoffwechsel derselben ebenfalls förderlich sein.

59. Wiedererzeugung.

Viele Körpertheile, wenn sie verletzt werden (durch einfache Schnittwunden, oder selbst durch Wunden mit grösserem Substanzverluste) stellen den Zusammenhang ihrer Structur wieder her. Nach der Verheilung bieten die definitiven Ausfüllungsmassen entweder die normale Structur der betreffenden Gewebe, oder sie bestehen, bei gewissen Geweben, bloss aus Bindegewebmassen.

Theile, die vom Körper völlig getrennt sind oder nur durch eine schmale Hautbrücke mit demselben noch zusammenhängen, z. B. eine abgehauene Nase, können unter günstigen Bedingungen wieder anheilen. Die Krystallinse kann sogar nach ihrer Entfernung (durch die Staaroperation) vollständig wieder ersetzt werden. Sehr gross ist auch das Regenerationsvermögen gewisser Knochen und Drüsenausführungsgänge. Wird z. B. im Hund nach Anlegung einer Gallenfistel der Gallengang einfach unterbunden, so regenerirt er sich und zwar oft überraschend schnell; dasselbe kann sogar erfolgen, wenn ein Stück des Ganges ausgeschnitten wurde. Das auffallendste Regenerationsvermögen unter den Wirbelthieren besitzen manche Amphibien; bei Tritonen z. B. kann ein abgeschnittener Schwanz oder Fuss wieder ersetzt werden.

Hautstücke lassen sich, wie die chirurgische Erfahrung zeigt, auf andere Körperstellen überpflanzen. Gelungene Transplantationen ganzer Organe auf fremde Individuen sind unerwiesen; brachte Wagner Hoden, Krystallinsen u. dgl. in die Bauchhöhle von Thieren, so umkapselten sie sich mit organisirten Ausschwitzungsmassen der Nachbartheile und verloren nach und nach ihre normale Structur, namentlich durch Einlagerung grösserer Fettmassen.

IV. Allgemeine Nerven- und Muskelphysiologie.

A. Allgemeine Eigenschaften des Nervensystems.

60. Leistungen.

Der thierische Organismus unterscheidet sich (wenn wir die niedersten Formen der Thierwelt unberücksichtigt lassen) von den Pflanzen durch das Vorhandensein des Nerven- und Muskelsystems. Im Zusammenhang damit steht eine Anzahl eigenthümlicher, höchst mannigfaltige Leistungen vermittelnder Functionen, namentlich die psychischen Thätigkeiten, die Muskelbewegungen und die Wahrnehmung sowohl der Dinge der Aussenwelt, als auch eigener Körperzustände.

Grundbedingungen der Nervenleistungen sind: 1) ein Einfluss, welcher fähig ist, den Nerven zu verändern (Nervenreiz); 2) Erregbarkeit und Leitungsvermögen des Nerven: der Reiz verändert den Nerven zunächst an seiner Applicationsstelle; die Veränderung pflanzt sich fort innerhalb der Nervenmasse. 3) Bestimmung des vom Nerven abhängigen Apparates; z. B. des Muskels u. s. w.

61. Anatomische Grundlagen.

Das Nervensystem der Wirbelthiere zerfällt anatomisch und functionell in die Centren: Hirn und Rückenmark und die von den letzteren ausstrahlenden Nerven. Diese verästeln sich gegen ihre Peripherie hin immer mehr und senken sich ein in die Gewebe und Organe des Körpers, so dass ein Nerv ausschliesslich, oder in Gemeinschaft mit anderen, einen gewissen Bezirk beherrscht und den Zusammenhang zwischen letzterem und den Nervencentren herstellt. Gegenüber der Mannigfaltigkeit der physiologischen Leistungen des Nervensystems fällt die Einfachheit der mikroskopischen Formbestandtheile desselben auf. Abgesehen von accessorischen Elementen (Blutgefässen, Bindegewebe) unterscheidet man als wesentliche Elemente, d. h. diejenigen, welche als Träger der *specifischen* Funktionen des Nervensystems anzusehen sind, bloss die Nervenfaser und das Nervenkörperchen, wegen deren morphologischen Charaktere auf die Lehrbücher der Histologie verwiesen wird.

Die Fasern dienen im Nerven selbst, und vielfach auch in den Centren, als Leitungsapparate. Die Nervenkörperchen (besonders in der grauen Substanz der Centren, in den Ganglien der Rückenmarks- und Hirnnerven, im Sympathicus) schicken 1, 2 oder selbst eine Anzahl Fortsätze aus, die nichts anderes darstellen als Nervenfasern. Die Fortsätze schlagen verschiedene Richtungen ein und zwar in den Nerven und dem Rückenmark 1) gegen die Peripherie, 2) das Gehirn und 3) gegen benachbarte Nervenkörperchen. Das Nervenkörperchen wird desshalb als eine Art elementarer Centralapparat angesehen, indem es die relativ einfachen

und isolirten Thätigkeiten der zugehörigen Nervenfasern zur Einheit, zu einer physiologischen Gesammtleistung vereinigt.

Die Verbindung einfacherer Vorgänge zur organisch-zweckmässigen Einheit erfolgt in den Centralapparaten wohl auf sehr verschiedene Weise, es ist aber noch nicht gelungen, hierüber Hypothesen aufzustellen, deren Anschaulichkeit und Berechtigung jener, besonders von Wagner hervorgehobenen, hypothetischen Grundfunction des Nervenkörperchens vergleichbar wäre.

62. Untersuchungsweisen.

I. *Mittelbare Untersuchung.* Die Nerventhätigkeiten werden erforscht an den, oft leicht erkennbaren Wirkungen auf diejenigen Organe, mit denen die Nerven verbunden sind. So bewirken z. B. gewisse Nerven (die motorischen) in Thätigkeit versetzt, Zusammenziehung von Muskeln; während andere Nerven (sensible) im Zustand ihre Erregung, Empfindungen vermitteln. Die Wirkung im ersten Fall äussert sich also an der Peripherie der Nerven: im Muskel; im zweiten Fall dagegen in umgekehrter Richtung, im Gehirn, in Form einer, unserer eigenen subjectiven Beobachtung zugänglichen, Empfindung.

II. *Unmittelbare Untersuchung.* Man erforscht direkt die Eigenschaften der Nerven und deren Abänderungen, wenn die Nerven in Thätigkeit kommen.

Die Vorgänge in der Nervenfaser selbst werden untersucht, unbekümmert um die Wirkungen, welche die Nerven nach aussen übertragen. Diese Wirkungen aber, als abhängig von den Nervenprocessen selbst, dienen ganz vorzüglich und zunächst zur Feststellung wenigstens einiger Grundvorgänge und Eigenschaften des Nervensystems. Ob z. B. ein motorischer Nerv in Thätigkeit sei, ja gewisse Charaktere dieser Thätigkeit, das erkennen wir an der leicht wahrnehmbaren Verkürzung des zugehörigen Muskels, während die blosse Constatirung der Thätigkeit eines motorischen Nerven an sich, also mittelst direkter Methoden, umständlichere Hülfsmittel voraussetzt. Die engere Aufgabe der Nervenphysiologie, die Erforschung der im Nerven selbst ablaufenden Vorgänge (z. B. der elektrischen Ströme, Abschnitt V.) ist erst in neuerer Zeit in Angriff genommen; ihre Ergebnisse sind aber dem Anfänger verständlicher, wenn er zuvor die äusseren Leistungen der Nerven kennen gelernt hat. Die Wissenschaft selbst hat denselben Entwicklungsgang genommen.

63. Nervenreize.

Dieselben sind als solche entweder vollkommen unbekannt (z. B. Willensreize auf motorische Nerven), oder sie sind objectiv mehr oder weniger bekannt. Hierher gehören: mechanische Einwirkungen (Druck, Zerren), eine grosse Anzahl chemischer Verbindungen; Temperaturen (Entziehung oder Zufuhr von Wärme), Elektricität, Licht, Schallwellen u. s. w.

Die Nerven im unversehrten Organismus sind zumeist nur Reizen von gewisser Art ausgesetzt, ihren sog. homologen Reizen. Diese treffen die Nerven nur an ganz beschränkten Stellen, d. h. entweder an ihrer Peripherie, oder (die Willensreize) an ihren Ursprüngen. Nebenvorrichtungen erleichtern die Aufnahme und richtige Zuleitung der Reize wesentlich, z. B. gewisse Schichten der Retina (die sog. Stäbchen) vermitteln die Aufnahme der Lichteindrücke, die Corti'schen Appendicalorgane des Schneckennerven die Aufnahme der Schallwellen u. s. w.

Alle sonstigen Reize, welche, ausser den homologen, einen Nerven in Thätigkeit versetzen können, heissen heterologe; so sind z. B. Druck, Elektri-

cität u. s. w. heterologe Reize der Netzhaut des Auges. Die Wirkungen derselben sind übrigens ähnlich denen der homologen; Druck auf die Netzhaut verursacht ebenfalls Lichtempfindungen, mässiger Druck auf einen motorischen Nerven ebenfalls Muskelverkürzungen u. s. w.

Endlich gibt es Agentien, welche auf bestimmte Nerven nicht wirken, z. B. Licht auf die Tastnerven. Der einzige generelle Reiz scheint die Elektricität zu sein.

64. Leitung im Nerven.

Wird ein Nerv gereizt an einer bestimmten Stelle, so treten augenblicklich Wirkungen auf an einem entfernten Ort und zwar nach Reizung motorischer Nerven Muskelzuckungen, nach Reizung sensibler Nerven Empfindungen. Im ersten Fall ist die Wirkung an der Peripherie, im zweiten an den Centralapparaten wahrnehmbar, wesshalb man früher vom centrifugal- und centripetalleitenden Nerven sprach, eine Unterscheidung, die nur auf die nach aussen übertragenen Leistungen sich bezieht. Die Nervenerregung wird von der Stelle der Reizung auf- und abwärts fortgepflanzt, sie kann aber selbstverständlich Wirkungen nach aussen nur da übertragen, wo eben Apparate vorhanden sind, die von den erregten Nerven aus bestimmt werden können.

Eine nothwendige Bedingung für die Leitung ist der Zusammenhang der Nervenfasern; wird ein Froschnerv auch nur mit einem geringen Gewicht beschwert, so ist seine Leitungsfähigkeit sogleich gemindert (Harless); heftige Compression oder sonstige örtliche Ertödtung des Nerven, sowie Durchschneidung desselben, heben die Leitung vollständig auf.

Die Erregung verbleibt innerhalb der gereizten Nervenfaser selbst, sie geht nicht über auf die unmittelbar angrenzenden Fasern. Wird ein Nerv halb durchschnitten, so hemmt die Schnittstelle die Fortleitung innerhalb der verletzten Fasern und die unversehrt gebliebenen sind nicht im Stande, ihre Erregungen auf die durchschnittenen zu übertragen. Demnach kann, wenn von zwei Nerven eines Organes einer durchschnitten wird, der unverletzte für den durchschnittenen nicht vicariiren.

Die Isolation der Faser gilt als unumstösslich für die Faser innerhalb der Nerven selbst (man schreibt gewöhnlich der Faserscheide die isolirende Wirkung zu). In den Centralapparaten dagegen erfolgen Mittheilungen der Erregungen auf andere Fasern sehr häufig (s. Reflexerscheinungen).

65. Verlauf und Endigung der Nervenfasern.

Die dickeren Nerven schliessen bei ihrem Austritt aus dem Hirn oder Rückenmark viele tausende von Nervenfasern in sich ein. Die Fasern verlaufen isolirt, also selbstständig, neben einander; Anastomosen der Fasern finden nicht statt, wohl aber gehen die Nerven unter sich vielfache Verbindungen ein, d. h. sie tauschen Fasern aus. Man unterscheidet: 1) Anastomose: ein Nerv gibt Fasern ab an einen andern, 2) Decussation, zwei Nerven tauschen einen Theil ihrer Fasern aus und 3) Plexusbildung: mehrere Nerven treten zusammen zu

einem Geflecht; dieses giebt zahlreiche Zweige ab; jeder Zweig enthält Fasern von jedem Nerven. Diese Einrichtungen ermöglichen, dass ein Körpertheil Nervenfasern verschiedener Ursprünge auf die einfachste Weise erhalten kann.

Die Endausbreitungen der Nervenfasern sind nur unvollständig bekannt und die Nervenphysiologie kann die betreffenden morphologischen Thatsachen noch nicht gehörig verwerthen. Früher nahm man für die Nervenfasern, entsprechend ihren selbstständigen Verlaufsweisen, freie, isolirte Endigungen an und glaubte, nur dadurch die Thatsache erklären zu können, dass eine bestimmte Körperstelle in Rapport mit einer bestimmten Stelle der Nervencentren gesetzt werden könne. Später nahm man schlingenartige Umbiegungen an: eine centrifugale Faser umbiegend in eine centripetale, ohne dass die Nervenphysiologie dadurch eine reelle Erweiterung ihrer Anschauungen gefunden hatte. Sehr viele Nerven (vor allem die der Muskeln) zeigen folgendes Verhalten: In der Nähe der Peripherie theilen sich die Fasern in zwei oder mehrere Zweige, welche zusammengenommen oft viel dicker sind, als die Faser selbst; die Zweige theilen sich, und zwar wiederholt, weiter in feine marklose Fasern, deren letzte Endigungen noch nicht bekannt sind. Ausserdem kommen specifische Endigungsweisen vor in den Sinnesnerven; hieher gehören namentlich die Stäbchen, Zapfen u. s. w. der Retina; die Corti'schen Organe des Schneckennerven; die sog. Tastkörperchen der Cutis (Meissner) und die den letztern verwandten kolbigen Körperchen W. Krause's an den Endigungen der einfach sensibelen Nervenfasern.

66. Proportionalität zwischen Reiz und Nervenleistung.

Der Reiz, eine (wenn wir absehen von den gänzlich unbekannten Willenseinflüssen auf motorische Nerven) physikalische Bewegung, wird umgesetzt in den Nervenprocess (richtiger in eine Modification bereits vorhandener, im Nerven beständig ablaufender Processe), welcher seinerseits eine äussere Leistung nach sich zieht, den eigentlichen, im Organisationsplan liegenden physiologischen Nutzeffect des durch den Reiz veranlassten Nervenprocesses. Diese drei Factoren stellen eine Kette von Ursachen und Wirkungen dar, ohne dass die einzelnen Glieder, objectiv genommen, irgend wie mit einander vergleichbar wären; z. B. Willensreiz — Erregung motorischer Nerven — Muskelverkürzung, oder: Lichtwellen — Erregung der Netzhaut — Lichtempfindung. Trotz dieser objectiven Unvergleichbarkeit bestehen aber gesetzmässige Proportionalitäten, d. h. jede Aenderung eines Factors bedingt eine, in der Mehrzahl der Individuen gleicher Art, constante Aenderung der von ihm abhängigen Factoren.

Das Licht z. B. hört in der Substanz des Sehnerven auf, Licht zu sein, es tritt etwas ganz anderes, ein Nervenprocess, auf. Dieser selbst bietet an sich keinen Vergleichspunkt mit der Empfindung des Farbigen, d. h. mit dem Seelenact, der in Folge der Nervenreizung entstanden ist. Von diesen 3 Factoren ist allemal das Mittelglied, der Nervenprocess, am wenigsten bekannt; man weiss so gut wie nichts Unterscheidendes über die Vorgänge, welche durch Farben, Töne, den Willen u. s. w.

in dem Sehnerven, Hörnerven, oder einem motorischen Nerven erregt werden. Die meisten speciellen Sinnesreize sind dagegen von der Physik vielfach erforscht, sowie die concreten Empfindungsqualitäten selbst mit ihrem reichen Inhalt, unserer unmittelbaren subjectiven Beobachtung offen stehen.

67. Specifität der Nervenleistungen.

Ein und derselbe Nerv kann durch die verschiedenartigsten, homologen oder heterologen, Reize in Thätigkeit versetzt werden (63), die nach aussen übertragenen Wirkungen aber dieser Thätigkeit sind einander bei demselben Nerven immer ähnlich, d. h. der motorische Nerv vermittelt nur Muskelverkürzungen, die Netzhaut unter allen Umständen Lichtempfindungen. Demnach setzt derselbe Reiz in verchiedenen Nerven ganz verschiedene äussere Wirkungen; der elektrische Strom veranlasst Muskelverkürzung, wenn er einen motorischen Nerven, Geschmacksempfindungen, wenn er den Geschmacksnerven, Lichtempfindungen, wenn er den Sehnerven trifft u. s. w. Diese Thatsachen haben verschiedene theoretische Deutungen erfahren: Entweder schreibt man jeder Klasse von Nerven specifische Thätigkeiten zu, d. h. die verschiedensten Reize sollen in demselben Nerven immer nur Nervenprocesse derselben Natur auslösen, Zustände, in welche zudem andere Nerven nicht versetzt werden können. Oder man nimmt im Gegentheil an, die Processe seien dieselben in allen Nerven, die Wirkungen aber nur darum verschieden, weil jede Klasse von Nerven ihre Erregungen auf eigenartige Organe übertrage.

Die letztgenannte Meinung stützt sich vornehmlich darauf, dass die Vergleichung der einzelnen Nerven zu keinen durchgreifenden chemischen, histologischen und elektromotorischen Unterschieden führt; wogegen erwidert wird, unsere Hülfsmittel seien zu solchen Nachweisen weder fein noch zahlreich genug. Diese Grundfrage ist dem unmittelbaren Experimentalbeweis noch nicht zugänglich, indem jede Erfahrung eine Auslegung nach beiden Seiten hin gestattet.

68. Leistungsgrössen desselben Nerven.

Die Wirkungen, welche der thätige Nerv nach aussen überträgt, sind veränderlich: 1) Mit der Stärke des den Nerven treffenden Reizes; 2) mit der jeweiligen Erregbarkeit des Nerven selbst und 3) dem Zustande des die Leistung zunächst vollführenden Apparates, z. B. der Muskelfasern. Bloss der zweite dieser Factoren bedarf hier einer kurzen Betrachtung. Man unterscheidet die Ermüdung des Nerven, die dadurch charakterisirt ist, dass bei zunehmenden Ermüdungsgraden die Stärke des Reizes wachsen muss, wenn anders die Leistung die frühere Intensität haben soll. In den Zuständen der höchsten Grade der Ermüdung: der Erschöpfung, ziehen sogar intensive Reize nur schwache Wirkungen nach sich, ja solche bleiben schliesslich selbst ganz aus. Das gewöhnliche Verhältniss zwischen Stärke des Reizes und Stärke der Wirkung des leistungserzeugenden Nervenprocesses wird demnach mit zunehmenden Ermüdungsgraden bedeutend verändert. Lässt man den ermüdeten Nerven ungereizt, so stellt sich die normale Erregbarkeit allmälig wieder ein. Zu lange Ruhe ist der Erregbarkeit des Nerven ebenfalls schädlich. Ein ge-

wisser Wechsel zwischen Ruhe und Erregung sichert den Normalgrad der Erregbarkeit auf die Dauer am besten. Im Nerventod ist die Erregbarkeit unwiederbringlich verloren; er tritt im Warmblüter viel schneller ein, als in dem, mit trägerem Stoffwechsel begabten, Kaltblüter.

Die Erregbarkeit des Nerven hängt ohne Zweifel zunächst ab von dessen jeweiligem Ernährungszustand. Jede Erregung bedingt Stoffverbrauch im Nerven; ist aber der Verbrauch grösser als der Wiederersatz, so nimmt die Leistungsfähigkeit gegen früher ab, d. h. der Nerv verfällt in den entsprechenden Ermüdungsgrad. Die gehörige Ruhe des Nerven führt zur Wiedergewinnung des früheren Ernährungszustandes. Ruhe und Erregung können aber nach Zeit und Intensität auf das Mannigfaltigste mit einander abwechseln.

Der Nerv ist vor allen Apparaten des Körpers ausgezeichnet durch seine ausserordentliche Labilität, denn 1) wechselt seine Erregbarkeit trotz gleichgebliebenen äusseren Bedingungen schnell und stark; 2) die kleinsten Anstösse lösen relativ grosse Wirkungen aus, offenbar darum, weil Kräfte, die während des sog. Ruhezustandes gebunden waren, durch die Reizung der Nerven frei werden, so dass also der Nervenreiz keineswegs gegen ruhende Massen anstosst, deren Trägheit erst zu überwinden wäre; 3) geringe Aenderungen des materiellen Substrates sind vom grössten Einfluss auf dessen Leistungen.

69. Qualitative Leistungen desselben Nerven.

Die Leistungsqualitäten des Nerven unterliegen analogen Normen wie die Leistungsgrössen. Die Nervenfaser ermüdet bei der Einwirkung desselben qualitativen Reizes, so zwar, dass die Leitung selbst eine qualitativ andere werden kann; z. B. beim Betrachten einer bestimmten Farbe werden wir vorübergehend abgestumpft gegen dieselbe. Der in solcher Weise einseitig ermüdete Nerv ist aber noch empfänglich für Reize anderer Qualität, z. B. für einen, den Nerven vom Centrum gegen seine Peripherie durchziehenden, elektrischen Strom, wenn er vorher durch einen Strom entgegengesetzter Richtung »ermüdet« war.

Die Spekulation ist in der Pathologie und Physiologie mit eingehenden Betrachtungen über die verschiedenen Zustände der Erregbarkeit seit den Zeiten Brown's und der sog. Erregungstheorie der Empirie und Detailforschung vorangeeilt. Betrachtungen der Art waren an sich gerechtfertigt, nicht aber deren voreilige Verwendungen zu medicinischen Systemen und durchgreifenden, willkürlichen Classificationen der Krankheiten je nach den verschiedenen Categorieen der Erregbarkeit. Die heutige Wissenschaft setzt an die Stellen solcher allgemeiner — formell wie gesagt tadelloser — Erwägungen, speciellere Erfahrungsthatsachen aus der allgemeinen Physiologie der motorischen und sensibeln Nerven, der Muskeln, Sinne und der thierischen Elektricität, auf welche wir an den geeigneten Stellen zurückkommen werden.

70. Stoffwechsel im Nervensystem.

Der sog. Axencylinder der Nervenfaser bietet die mikrochemischen Reactionen der Eiweisskörper, das Nervenmark die der Fette und Eiweisskörper; die chemische Grundsubstanz der Nervenscheide ist nicht bekannt. Die weisse Substanz des Gehirnes besteht aus: Wasser (63—70 %), Fette (15—20 %, und zwar betheiligen sich an diesem bemerkenswerthen Fettgehalt Elain, Margarin, Cholesterin, Cerebrin und Lecithin), Eiweisskörper (8—10 %) und unorganische Bestandtheile (1,8 %). Die graue Substanz des Gehirnes ist reicher an Wasser und ärmer an Fetten und Eiweisskörpern; die periphere Nervensubstanz zeigt

grosse proportionale Variationen ihrer Bestandtheile (v. Bibra), offenbar zum Theil in Folge sehr veränderlicher Beimischungen accessorischer Elemente (Bindegewebe). Die Stärke des Stoffwechsels der Nervensubstanz ist unbekannt. Unter den Extractmaterien, als Produkten dieses Stoffwechsels ist eine Zuckerart (Inosit) hervorzuheben. Die graue Substanz der Nervencentren ist viel reicher an Capillargefässen als die weisse, die Nervenkörperchen dürften desshalb einem stärkeren Stoffwechsel unterliegen, eine Vermuthung, die aus denselben Gründen auch für die in die Gewebe eingesenkten Nervenendigungen gelten kann.

Nach Unterbindung der Bauchaorta in Säugethieren hört fast sogleich die willkürliche Bewegung und hierauf die Empfindung in den hinteren Gliedmaassen auf (Swammerdam). Unmittelbares Galvanisiren der Nervenstämme selbst veranlasst noch nach ¼—½ Stunde Muskelverkürzungen. Wird die Ligatur um die Aorta entfernt, so stellen sich willkürliche Bewegung und Empfindung wieder ein. Die beständige Blutzufuhr ist demnach eine unerlässliche Bedingung zur Erhaltung der Nervenreizbarkeit. Nach Arterienunterbindungen im Menschen tritt, bevor der Collateralblutlauf gehörig hergestellt ist, bedeutende Abnahme der Empfindlichkeit und Beweglichkeit nicht selten ein.

71. Nervendurchschneidung.

Unmittelbar nach derselben ist die Leitung vollständig aufgehoben. Nach einer gewissen Zeit (in Säugethieren nach 2—5 Wochen) können sich Zeichen wiederkehrender Leitungsfähigkeit und zwar zuerst der Empfindung, später der willkürlichen Bewegung, einstellen; selbst der Normalzustand kann allmälig wieder erreicht werden. In anderen Fällen dauert die Lähmung fort. Die Heilung mag eintreten oder nicht, immer entarten, wie Nasse zeigte, die Nervenfasern und zwar nach Waller in ihrem ganzen Verlauf unterhalb der Schnittstelle, bis nahe zu ihren letzten Endausbreitungen. Die erste Veränderung besteht nach Valentin darin, dass das Nervenmark bei Zusatz von Wasser u. s. w. früher gerinnt als die normale Nervenfaser; sodann zeigt das Mark Einkerbungen und spaltet sich der Querre nach in zahlreiche kleine, krümelige Stücke; diese bilden sich zu Aggregaten feinster Fettkörnchen um, welche später der Aufsaugung anheimfallen. Diese Veränderungen betreffen vorzugsweise das Nervenmark, weniger den Axencylinder, gar nicht die Faserscheide (Schiff); die marklosen Endtheilungen der Nervenfasern würden demnach keine sichtbare Entartung ihres Inhaltes erleiden.

Die Entartung erfolgt um so langsamer, je schwächer der Stoffwechsel ist, also z. B. in Fröschen oder bei Säugethieren im Winterschlaf viel langsamer als in Warmblütern überhaupt, wo sie schon am vierten Tag beginnt. Diese Entartung ist nicht zu verwechseln mit den bald nach dem Tode eintretenden Veränderungen der Nervenfaser, sie stellt im Gegentheil, bei erhaltener Blutzufuhr zum Nerven, eine besondere, pathologische Form des Stoffwechsels der Nervenfaser dar, wobei offenbar gewisse Regulatoren der regelmässigen Nervenernährung nicht mehr zur Wirksamkeit gelangen können. Das oberhalb der Schnittstelle gelegene Nervenstück entartet nicht, nach Waller, sodass die Vorstellung eines irgendwie sich geltend machen-

den Einflusses der Centraltheile (Nervenkörperchen?) auf die Ernährung der von ihnen ausstrahlenden Nervenfasern nicht abzuweisen ist.

72. Regeneration der Nervenfaser.

Schon die Zeichen der wiederkehrenden Leitungsfähigkeit nach Nervendurchschneidungen sprechen für schnelle Regeneration der Nervenfasern im Säugethier. Mannigfache chirurgische Erfahrungen bestätigen das auch für den Menschen. Einfache Schnittwunden der Nerven heilen am schnellsten; aber selbst ausgeschnittene Stücke über 2 Zoll Länge (z. B. im Vagus der einen Halsseite des Hundes) können nach Schiff nach einigen Monaten wieder ersetzt werden. Ueberschreitet aber der Substanzverlust eine gewisse Grösse, so erfolgt die Verbindung nur mittelst bindegewebiger Stränge. Nach dem vorigen § kann die Regeneration in keiner einfachen Verbindung der Schnittenden bestehen, sondern es handelt sich, da die Nervenfasern unterhalb der Schnittstelle in ihrem ganzen Verlauf marklos geworden sind, mindestens um den Ersatz des Markinhaltes.

73. Rückenmarksnerven.

Die Nerven zerfallen in Rückenmarksnerven, Hirnnerven und den Sympathicus. Die erstern (31 Paare) sind gemischter Natur, ihre sensibelen Fasern verbreiten sich in die Haut des Hinterkopfes, Halses, Stammes und der Gliedmaassen; die motorischen in die meisten Skeletmuskeln des Halses, in alle des Stammes und der Gliedmaassen, sowie in die Muskelhaut vieler Blutgefässe. Jeder Rückenmarksnerv entspringt mit 2 Wurzeln. Die hintere Wurzel ist sensibel und besitzt in einiger Entfernung vom Rückenmark ein Ganglion; die vordere, ganglienlose, ist motorisch, im Querschnitt dünner und mit gröberen Nervenfasern versehen. Die absolute Zahl der Nervenfasern ist somit in den hinteren Wurzeln sehr viel grösser (Kölliker). In Zusammenhang damit mag wohl stehen, dass bei Lähmungen die Beweglichkeit später wiederkehrt als die Empfindlichkeit der Haut. Erst jenseits des Ganglion vereinigen sich beide Wurzeln zu einem gemeinsamen Stamm und bilden einen gemischten Nerven. Nach dem Austritt aus seinem Foramen intervertebrale spaltet sich jeder Nerv in einen hinteren Ast (zu den Muskeln und der Haut der Nachbarschaft) und den stärkeren vorderen Ast (zu den Muskeln und der Haut des seitlichen und vorderen Rumpfes). Ausserdem entlassen zwei bestimmte Regionen des Rückenmarkes gemischte Nerven in die Gliedmaassen, die in den Bahnen der Plexus brachialis, lumbalis und sacralis verlaufen.

74. Bell'sches Gesetz.

Bell hat 1811 den Nachweis geliefert, dass die zwei Systeme von Rückenmarksnervenwurzeln durchgreifend verschiedene Functionen haben. Diese, von Magendie und J. Müller näher verfolgte Entdeckung hat den weiteren Ausdruck erhalten, dass dieselbe Nervenfaser nicht zweien, ganz verschiedenen Functionen dienen kann.

Beweise für die motorischen Verrichtungen der vorderen Wurzeln: 1) Reizung derselben (am besten mechanische) setzt Zuckungen bestimmter Muskeln, aber keine Schmerzen. 2) Nach ihrer Durchschneidung tritt nirgends Empfindungslosigkeit ein, dagegen sind die betreffenden Muskeln dem Willenseinfluss entzogen, während 3) Reizungen der Wurzel unterhalb (nicht aber oberhalb) der Schnittstelle Muskelzuckungen setzen.

Beweise für die sensible Natur der hinteren Wurzeln: 1) Reizung derselben verursacht lebhafte Schmerzen, 2) nach ihrer Durchschneidung sind die Muskeln dem Willen noch unterthan, dagegen entsteht Empfindungslosigkeit in den betreffenden Hautstellen, während 3) nur Reizungen der Wurzeln oberhalb (nicht aber unterhalb) der Schnittstelle Schmerzen verursachen.

Das Bell'sche Gesetz wird nicht wesentlich beeinträchtigt durch die Erscheinungen der sog. rückläufigen Sensibilität. Magendie, Bernard u. A. zeigten nämlich, dass auch die vorderen Rückenmarksnervenwurzeln sensibele Fasern einschliessen. Diese Fasern stammen aber von den hinteren Nervenwurzeln und laufen bloss in den vorderen zurück zum Rückenmark. Durchschneidet man eine vordere Wurzel, so bleibt die Reizung des centralen Stumpfes schmerzlos, wohl aber treten Schmerzen ein nach Ansprache des peripheren Nervenstumpfes.

75. Hirnnerven.

Die 12 Paare, welche vorzugsweise zu den Organen des Kopfes und Halses gehen (nur einige haben noch weitere Verbreitungsbezirke), zerfallen in 4 Gruppen:

1) *Ausschliessliche Sinnesnerven:* Olfactorius, Opticus, Acusticus; mit kurzem, von den übrigen Nerven abweichendem, Verlauf und mit eigenthümlichen zur Aufnahme der Sinnesreize bestimmten Apparaten an ihrer Peripherie (z. B. Stäbchenschicht der Netzhaut).

2) *Reine Bewegungsnerven:* Oculomotorius, Trochlearis, Abducens, Hypoglossus, Accessorius (letzterer zu Muskeln des Hintermundes, Schlundes, Oesophagus, Larynx, Herz, zum Sternocleidomastoideus und Cucullaris). Facialis (mit 2 Wurzeln entspringend) versorgt die Gesichtsmuskeln, die Kaumuskeln ausgenommen.

3) *Sensibler Nerv:* Hieher wäre der, mindestens weitaus überwiegend sensible Vagus zu rechnen. Longet stellt motorische Fasern des Vagus in Abrede. Er versorgt Schlund, Oesophagus, Magen, Leber, Respirationsapparat und Herz.

4) *Gemischte Nerven,* jedoch mit vorwiegender Sensibilität. Trigeminus: die gangliöse grosse Wurzel ist (jedenfalls ganz überwiegend) sensibel, ihre Fasern vertheilen sich in die vordere und mittlere Kopfhaut, die Nasen- und Mundhöhle. Die kleine, ganglienlose Wurzel versorgt besonders die Kaumuskeln. Glossopharyngeus: verbreitet sich in die Schleimhaut des Schlundes, Hintermundes

und der Zunge; einige motorische Fasern gehen zu Muskeln des Hintermundes und Schlundes.

Die Hirnnerven weichen von dem durchgreifenden, einfachen Schema der Rückenmarksnerven ab, was nicht auffallen kann, da sie eben aus anders angeordneten Nervencentren (meistens aus der Medulla oblongata) entspringen, zum Theil selbst mit einer Anzahl von Wurzelfäden; ja sogar die Ganglien, die manche derselben besitzen, lassen mit denen der Rückenmarksnerven keinen direkten Vergleich zu. Vagus und Accessorius zusammengenommen wurden früher mit den Rückenmarksnerven verglichen; am ehesten wäre das gestattet beim Trigeminus.

76. Sympathicus.

Derselbe ist ausgezeichnet durch die Feinheit vieler seiner Nervenfasern, die zahlreichen Geflechtbildungen und Ganglien und seine vielfachen Verbindungen mit den übrigen Nerven (die 3 ausschliesslichen Sinnesnerven ausgenommen). Die Beschreibung geht am besten von dem paarigen, längs der Wirbelsäule herablaufenden, Grenzstrang aus. Dieser verbindet sich direkt mit einigen Hirn- und (durch die Rami communicantes) mit allen Rückenmarksnerven; ausserdem aber stehen Zweige des Grenzstranges vielfach mit Hirn- und Rückenmarksnerven, zum Theil durch starke Plexusbildungen, in Verbindung. Die Ursprünge und Verlaufsweisen der Fasern des Sympathicus sind schwer zu ermitteln, am ehesten giebt unter Umständen der physiologische Versuch Aufschluss. Jedenfalls zeigt gerade dieser Nerv im höchsten Grad die Eigenschaft der Nervenstämme und Aeste überhaupt, als Bahnen zu dienen, in welche Fasern verschiedener Qualität und verschiedenen Ursprunges, in verschiedenen Richtungen eintreten, um nach kürzerem oder längerem Verlauf wieder auszutreten. Man unterscheidet: 1) äussere Quellen des Sympathicus. Viele der in den Rami communicantes enthaltenen Fasern verlaufen in der That vom Rückenmark zum Grenzstrang; Budge wies z. B. nach, dass ein Theil der Nervenfasern der Halsportion des Grenzstranges nach aufwärts steigt und dass das Centrum dieser Fasern im unteren Halstheil des Rückenmarks liegt. 2) Innere Quellen des Sympathicus. In den Ganglien findet eine Faservermehrung statt, dieselben haben also die Bedeutung von Centralorganen. Der Sympathicus ist demnach keineswegs als ein Plexus von Rückenmarksnerven zu betrachten, er ist somit weder durchaus abhängig vom centralen Nervensystem, noch stellt er, wie Bichat glaubte, ein eigenes, in sich abgeschlossenes Nervensystem dar.

77. Funktionen des Sympathicus.

Die Verbreitungsbezirke der sympathischen Fasern sind besonders die Wandungen der Blutgefässe und viele Eingeweide, namentlich das Herz, die Apparate des Athmens, der Verdauung, Harnbereitung; die Milz und die inneren Genitalien. Die sensibelen Fasern vermitteln im Normalzustand keine Empfindung; jedoch können bei verschiedenen Erkrankungen mancher, vom Sympathicus versorgten Organe, oder bei direkter experimenteller Reizung, sehr lebhafte Schmerzen auftreten. Die motorischen Fasern sind dem direkten Willenseinfluss entzogen und zwar gilt das selbst von den Beimischungen, welche der Sympathicus

vom Rückenmark empfängt. Der motorische Theil des Sympathicus versorgt die sog. organischen Muskelfasern (84), deren Verkürzungen ausgezeichnet sind durch eine gewisse Langsamkeit und durch ihr Fortbestehen auch nach Zerstörung des Hirns und Rückenmarkes. Endlich vermittelt der Sympathicus Wirkungen, die zum Theil als direkte Ernährungseinflüsse angesehen werden dürfen.

Obschon dem Sympathicus vom morphologischen Standpunkt aus eine gewisse Sonderstellung zukommt, so erfolgen doch alle Functionen desselben nach dem allgemeinen Schema der Nervenfunctionen; wir werden ihnen bei den Einzelverrichtungen des Körpers vielfach begegnen und haben keinen Grund, ihre, je nach den Organen vielfach variirenden Leistungen hier zusammenzustellen.

B. Allgemeine Physiologie der Muskeln und Muskelnerven.

78. Nervenreizung.

Nach Erregung motorischer Nerven tritt Verkürzung der zugehörigen Muskeln ein. Als Reizmittel können wirken: mechanische Eingriffe (Druck, Zerrung u. s. w.), Temperaturen, Elektricität, viele chemische Verbindungen. Letztere theilt Eckhard, nach der Grösse der erzeugten Muskelverkürzung, ein in stark wirkende (kaustisches Kali und Natron, unorganische Säuren, Alkohol), schwach wirkende (z. B. Salze der Alkalien) und nichtwirkende (fette Oele, manche Metallsalze).

Die Einflüsse der künstlichen Veränderung des Wassergehaltes der Nerven (derselbe beträgt im Frosch etwa 76%) hat Harless untersucht. Durch Imbibition nimmt der Nerv, anfangs sehr rasch, später langsam, Wasser auf, unter beträchtlicher Vergrösserung seines Querschnittes und bedeutender Abnahme der Reizbarkeit. Entzieht man dagegen den Nerven Wasser (durch Vertrocknenlassen desselben, bei gleichzeitiger Abhaltung des Verdunstungsverlustes des zugehörigen Muskels), so wird die Reizbarkeit merklich gesteigert. Beim Vertrocknen der Nerven, überhaupt bei der Einwirkung von Mitteln, die demselben Wasser entziehen, treten Muskelzuckungen häufig auf.

Der Froschnerv wird mit steigender Temperatur reizbarer; von + 30° R. aber nimmt die Reizbarkeit ab und bei + 45° tritt, während das Nervenmark in krümelige Massen zerfällt, plötzlich Leitungsunfähigkeit ein. Niedere Temperaturen können dann aber die Reizbarkeit wieder herstellen (Harless).

79. Ort der Nervenerregung.

Der motorische Nerv ist erregbar an jeder Stelle, wenn auch in ungleichem Grade. Nach Pflüger nimmt die Erregbarkeit der Nerven, also die Stärke der ausgelösten Muskelzuckungen zu, je mehr die gereizte Stelle des Nerven vom Muskel entfernt ist. (Um dieses nachzuweisen, dürfen nur schwache Reize, die bloss geringe Contractionen veranlassen, gewählt werden). Nach Budge und Heidenhain liegen aber hier verwickeltere Verhältnisse zu Grunde, indem der Nerv in seinem Verlauf wechselnde Strecken successiv zunehmender und abnehmender Erregbarkeit bieten soll.

Sehen wir ab von zufälligen, nicht im Organisationsplan liegenden, äusseren, den Nerven in seinem Verlauf treffenden Einwirkungen (elektrischen Strömen, Drücken, z. B.), so geschehen im normalen Organismus die Erregungen nur an bestimmten Stellen, nämlich an den Centralpunkten der motorischen Nerven. Darunter versteht man 1) die nicht näher bekannten Localitäten im Gehirn, ohne deren Integrität die Einwirkung des Willensbefehls auf die Muskeln nicht möglich ist (wir können sie virtuelle Centralpunkte der motorischen Fasern nennen) und 2) die eigentlichen Ursprünge (materiellen Centralpunkte) der motorischen Fasern. Diese können ihre Erregungen empfangen vom Gehirn (Willensbewegungen) oder von sonstigen Stellen des Nervensystems, vielleicht auch von inneren, direkt auf sie einwirkenden Reizen (unwillkürliche Bewegungen der verschiedensten Categorien und Formen).

80. Directe und indirecte Muskelreizung.

Bei direkter Ansprache der Muskeln durch galvanische, mechanische u. s. w. Reize gerathen diese ebenfalls in Zuckungen. Führt man gegen einen Muskel des Menschen einen Schlag aus, so entsteht eine einzige rasche Zuckung; trifft der Schlag auch nur einen kleinen Theil der Längsausdehnung des Muskels, so kontrahirt sich gleichwohl der ganze Muskel; trifft aber der Schlag nicht die ganze Breite des Muskels, so verkürzen sich nur die getroffenen Muskelbündel, aber auch diese in ihrer ganzen Länge (Auerbach). Die chemischen und galvanischen Reize, welche den motorischen Nerven zu Muskelcontraktionen veranlassen, lösen bei direkter Application auf den Muskel analoge Wirkungen aus.

Seit Haller wurde den Muskeln vielfach das Vermögen zugeschrieben, auch unabhängig von den Nerven in Verkürzung zu gerathen (sog. Muskelirritabilität). Man stellte demgemäss eine direkte, selbstständige Muskelverkürzung gegenüber der indirekten, vom Nerven aus bewirkten. Als Hauptbeweis für den Haller'schen Lehrsatz galt die Verkürzung bei unmittelbarer Reizung des auspräparirten Muskels. Mit Recht leitete man aber später die Erscheinung ab von Erregungen der im Muskel verzweigten, unversehrt gebliebenen Nervenenden. In derselben Weise sind die Muskelzuckungen zu erklären, welche nach dem Tode in Folge direkter Ansprache der Muskeln eintreten, während die Reizung der Nerven wirkungslos bleibt. Die Nervenerregbarkeit stirbt nämlich, nach Ritter, in der Richtung gegen die Peripherie ab. Die Streitfrage wurde neuerdings mit feineren Hülfsmitteln zu entscheiden gesucht, wobei man sich namentlich folgende Aufgaben setzte: 1) die motorischen Nervenfasern sollen bis in ihre letzten Verästelungen durch Gifte, Galvanismus oder Nervendurchschneidung, unwirksam gemacht werden, bei noch unversehrtem Zustand der Muskelfasern. Ein solcher Zustand scheint aber nicht herstellbar zu sein. Nach Durchschneidung der Nerven z. B. entarten zwar die Nervenfasern (71), nicht aber die marklosen Endausbreitungen derselben. 2) Man suchte Substanzen aufzufinden, die auf die Nerven gebracht, ohne Wirkung sind, wohl aber Zuckungen auslösen bei direkter Appli-

cation auf die Muskeln. Derlei Substanzen existiren aber nicht, oder ihre Wirkungen können von äusseren, zufälligen Nebenbedingungen abgeleitet werden.

81. Leitungsgeschwindigkeit in motorischen Nerven.

Die Muskeln gehorchen dem Willensbefehl mit einer sehr grossen, experimentell, jedoch noch nicht bestimmten Geschwindigkeit. Zwischen dem Beginn der Bewegungsvorstellung und dem Eintritt der Reizung des Nervenursprunges muss ein Zeitminimum liegen, dessgleichen zwischen der Erregung der Peripherie des motorischen Nerven und dem Beginn der Muskelverkürzung; demnach muss die Fortleitung der Erregung durch den Nerven selbst sehr geschwind erfolgen. Frühere hypothetische Vergleiche mit der grossen Geschwindigkeit des elektrischen Stromes u. dgl. sind durch Versuche von Helmholtz beseitigt. Am frischen Nerven-Muskel-Präparat des Frosches fand derselbe eine Secundengeschwindigkeit der Nervenleitung von 80 Fussen. Im Warmblüter ist dieselbe ziemlich grösser.

Die Methode von Helmholtz ist in ihren Grundzügen folgende: Ein senkrecht aufgehängter Muskel ist an seinem unteren Ende mit einem Stift versehen. Letzteres verzeichnet bei ruhigem Muskel eine gerade horizontale Linie auf einen berussten Cylinder, (s. 155), der sich mit gekannter Geschwindigkeit sehr schnell um eine senkrechte Axe dreht. Der zugehörige, lang auspräparirte, Nerv wird an einer, vom Muskel fernen Stelle durch einen elektrischen Schlag gereizt; der Muskel verkürzt sich, das Stift beschreibt demnach eine aufsteigende Linie auf den rotirenden Cylinder. Die Erhebung beginnt aber nicht genau a tempo mit der Reizung, deren Eintritt ebenfalls auf den Cylinder verzeichnet werden kann, d. h. die Horizontale wird, obgleich der Nerv schon gereizt ist, noch ein Zeitminimum a hindurch beschrieben, ehe das Stift sich erhebt. Dann wird eine, dem Muskel nahe Stelle des Nerven gereizt; die (dem Zeitraum b entsprechende) Horizontale zwischen Beginn der Nervenreizung und der Erhebung des Stiftes ist jetzt kürzer, weil die Erregung durch eine kürzere Nervenstrecke fortgeleitet wird. Die (sehr grosse) Drehungsgeschwindigkeit des Cylinders ist bekannt, also ist der Werth a minus b, d. h. der Längenunterschied beider Linien, = der Zeit, innerhalb welcher die Nervenerregung fortgepflanzt wird durch die Strecke zwischen den 2 Reizungsstellen des Nerven.

82. Durchschneidung motorischer Nerven.

Diese beseitigt den Willenseinfluss auf die zugehörigen Muskeln. Reizt man aber den Nerven unterhalb der Schnittstelle, so treten immer noch Muskelverkürzungen auf. Dieselben sind anfangs sogar stärker, als bei der Reizung des unversehrten Nerven; nach 24 Stunden werden sie ziemlich schwächer und bleiben im Säugethier etwa vom vierten Tag an aus; die Entartung (71) des Nerven folgt dann bald nach. Die Erregbarkeit geht früher verloren 1) in den Stämmen des Nerven (Ritter), 2) in Warmblütern gegenüber den Kaltblütern und in letzteren in der Wärme früher als in der Kälte, 3) beim häufigen Galvanisiren des Nerven (Schiff).

Es scheint, dass überhaupt das Absterben der Nervenerregbarkeit immer dann langsamer eintritt, wenn der Stoffwechsel im Nerven geringer ist. Die Nerven in gelähmten Gliedern sterben langsamer ab als in nicht gelähmten.

Wird ein Muskel, dessen Nerv durchschnitten worden ist, direct, z. B. elektrisch gereizt, so verkürzt er sich auch dann noch, wenn vom Nerven aus keine Zuckung mehr hervorgerufen werden kann; die Erregbarkeit der Muskeln

kann sogar nach Entartung der Nervenfasern noch 2—3 Monate, in Fröschen viel länger, fortbestehen; die Muskeln zucken, wenn auch sehr viel schwächer, immer noch, wenn sie direct gereizt werden.

Solche Muskeln werden meistens früher oder später mager, viele ihrer Fasern erleiden eine Fettumwandlung, sowie auch Fettmassen zwischen den Fasern abgelagert werden. Schiff hat in einzelnen Fällen noch nach einem Jahr schwache, partielle Zuckungen an gelähmten Muskeln nach direkter Reizung wahrgenommen.

83. Beziehungen der Muskeln zum Willen.

Die Muskeln zerfallen in dieser Hinsicht in 2 Gruppen: 1) Willkürliche: die Haut- und Skeletmuskeln, Zwerchfell, Muskeln der Zunge, des Gaumens, Rachens, Kehlkopfes, Afters, Penis und der Harnröhrenschliesser. 2) Unwillkürliche: Dem Willen unter allen Umständen entzogen sind: Herz, Muskulatur des Dauungsschlauches, die contractilen Elemente der Drüsenausführungsgänge und der Gefässe, Regenbogenhaut, Gebärmutter. Die willkürlichen Muskelfasern besitzen Querstreifen, welche den unwillkürlichen, das Herz ausgenommen, fehlen.

Der Wille beherrscht 1) das Eintreten der Zusammenziehung und Erschlaffung, also genau die Dauer der Zusammenziehung, und zwar so, dass der Muskel dem Willensbefehl, in oder ausser Thätigkeit zu kommen, schnellstens gehorcht. 2) Die Stärke der Zusammenziehung. Wir kennen nämlich aus Erfahrung den Grad der Anstrengung, den wir machen müssen, um eine gewisse Bewegung auszuführen oder eine bestimmte Last zu heben. 3) Die Isolation des Willenseinflusses auf einen oder eine beliebige Zahl von Muskeln. Dieses Vermögen hat aber seine Grenzen. Man nennt Bewegungen, die zugleich mit den beabsichtigten Bewegungen gegen unseren Willen erfolgen, Mitbewegungen. Sie kommen besonders vor bei Muskeln, die gewöhnlich oder doch häufig zusammenwirken, bei sehr anstrengenden Bewegungen; im höchsten Grad aber in gewissen Nervenkrankheiten, namentlich dem St. Veitstanz, wo die einfachsten Bewegungen durch Dazwischenkunft anderweitiger Muskelthätigkeiten gestört werden.

84. Animalische und organische Muskeln.

Viele Muskeln ziehen sich, wenn sie gereizt werden, augenblicklich zusammen und erschlaffen eben so schnell nach Aufhören der Reizung. Hierher gehören alle willkürlichen Muskeln und das Herz. Ed. Weber nennt sie Muskeln der animalen Bewegung; die Fasern derselben sind mit Querstreifen versehen und relativ dick. Die quergestreiften Muskeln zeigen, sie mögen frisch oder todt, feucht oder getrocknet sein, das optische Vermögen der Doppelbrechung in hohem Grade (Brücke, Valentin). Der Erstere leitet die Querstreifungen ab von feinen Scheiben einfach brechender Massen, welche die doppelbrechenden Muskelelemente von einander trennen.

Die Muskeln der organischen Bewegung (glatte Muskelfasern) ziehen sich nicht sogleich nach Beginn der Reizung zusammen, und verharren in der Zu-

sammenziehung noch eine gewisse Zeit nach Aufhören des Reizes. Dieselben sind also charakterisirt durch eine gewisse Langsamkeit der Bewegung. Hierher gehören alle unwillkürlichen Muskeln, das Herz ausgenommen.

Die so eben gemachte Unterscheidung der Muskeln ist wohl gerechtfertigt, kann aber keine absolute Gültigkeit ansprechen, denn 1) es giebt zwischen quergestreiften und glatten Muskelfasern Uebergänge, die übrigens in den höhern Wirbelthieren nur von untergeordneter Bedeutung sind, und 2) einzelne organische Muskeln bewegen sich verhältnissmässig schnell (z. B. Iris). Dasselbe Organ kann in verschieden Thieren animale oder organische Muskeln und somit die entsprechenden Bewegungsweisen besitzen.

85. Gestaltveränderungen des thätigen Muskels.

a. Verkürzung. Auspräparirte Muskeln reizbarer Frösche können sich, wenn die Schläge des Inductions-Apparates durch sie geleitet werden, nach E. Weber um 50—60, ja in einzelnen Fällen um mehr als 80 % ihrer Länge verkürzen. Diese grossen Werthe kommen aber im Körper nicht vor, weil 1) die antagonistischen Muskeln, die nunmehr gedehnt werden, allzustarken Verkürzungen einen grossen Widerstand entgegensetzen, und 2) die Gelenkverbindungen die gegenseitigen Annäherungen der Knochen nur bis zu einer bestimmten Grenze gestatten. Lange Muskeln verkürzen sich bedeutend; bei 2-, 3- u. s. w. facher Länge sind, unter sonst gleichen Verhältnissen, die absoluten Verkürzungen 2-, 3 mal grösser; die % Verkürzungen aber bleiben gleich bei verschieden langen Muskeln (Borelli). Die Dicke (Querschnitt) des Muskels ist ohne Einfluss auf die Verkürzung (Borelli). Bei demselben Muskel hängen die Verkürzungsgrade ab 1) von der Stärke des Reizes und 2) vom Ermüdungszustand; je ermatteter der Muskel, desto geringer sind seine Verkürzungen.

Bei der Verkürzung ist die Muskelfaser in ihrer ganzen Länge betheiligt. Man kann aber auch partielle Verkürzungen der Faser erhalten durch örtliche Einwirkungen (Schiff). Streicht man mit dem Scalpelstiel über einen Muskel und zwar am besten rechtwinkelig zum Faserverlauf, so erheben sich die Strichstellen und deren Nachbartheile zu einem scharfbegrenzten Wulst, der nach einigen Minuten langsam verschwindet. Nach Auerbach kann man diesen Wulst auch am lebenden Menschen durch Anschlagen oberflächlicher Muskeln hervorbringen. Während der Bildung des Wulstes verlaufen nach beiden Seiten einige Contractionswellen bis zu dem Ende des Muskels, die wieder zum Wulste zurückkehren. Muskeln Hingerichteter zeigen die Erscheinung selbst nach einer Reihe von Stunden, wenn der Galvanismus vollständig wirkungslos bleibt.

b. Dickerwerden. Zugleich mit der Verkürzung wird der thätige Muskel dicker, doch compensirt die Dickezunahme nicht vollstänig die Verkürzung; daraus ergiebt sich eine

c. Volumabnahme des Muskels. Diese schon von den Physiologen des 17. Jahrhunderts angenommene Veränderung ist übrigens so gering, dass sie nur mit feinen Hülfsmitteln wahrnehmbar wird (Ermann).

E. Weber hängt den auspräparirten Muskel senkrecht an einem Stativ auf und liest die Verkürzungsgrade ab an einer auf letzterem befindlichen Scala. Sehr zweckmässig können die Verkürzungen auch mittelst eines Stiftes auf ein berusstes Papier unmittelbar verzeichnet werden. — Ermann brachte den Muskel in ein mit Wasser gefülltes Gefäss, das oben in eine feine graduirte Röhre überging. Nach Reizung des Muskels sank das Wasser in der Röhre um ein Minimum. Dieser Versuch sagt selbstverständlich nichts aus über die Volumverhältnisse des blutführenden unversehrten Muskels.

86. Muskelthätigkeit bei Widerständen.

In dem so eben betrachteten Falle fand der Muskel bei seiner Zusammenziehung keinen äussern Widerstand. Diese Voraussetzung trifft aber im Körper nicht ein, denn die Muskeln haben zu überwinden das Gewicht der Körpertheile, die sie bewegen, sowie den Widerstand ihrer nunmehr gedehnten Antagonisten, ganz abgesehen von den nach aussen übertragenen mechanischen Leistungen, z. B. Heben von Gewichten. Stehen dem thätigen Muskel Widerstände entgegen, so sind 2 Fälle möglich:

1) Die Widerstände sind nicht zu überwinden. Der Muskel kann sich jetzt nicht verkürzen; wohl aber geräth er in Spannung, er wird derb und fest.

2) Die Widerstände können überwunden werden. Die Verkürzungen sind alsdann ausnahmslos geringer als beim Fehlen der Widerstände. Die Stärke der Verkürzung nimmt ab 1) mit zunehmender Grösse des Widerstandes. E. Weber erhielt z. B. an einem im unthätigen Zustand 45 M. m. langen Froschmuskel eine Verkürzung um etwa die Hälfte seiner Länge bei 5 Grammen Belastung, dagegen bloss um $^1/_3$ bei 30 Grammen Belastung. 2) Mit zunehmendem Ermüdungsgrad. Der ermüdete Muskel vermag kleine Gewichte verhältnissmässig noch am besten, grosse aber gar nicht mehr zu heben; es kann z. B. der Verkürzungsgrad bei 5 Grammen Belastung $^1/_3$, bei 30 Gramm dagegen bloss noch $^1/_{30}$ der Muskellänge betragen.

Die Versuchsmethode besteht darin, dass man an das untere Ende eines senkrecht aufgehängten, frischen Froschmuskels eine kleine Waagschale befestigt und dieselbe mit Gewichten belastet, während der Muskel durch die Schläge der Inductionsmaschine verkürzt wird.

87. Formen der Muskelverkürzungen.

Die Verkürzungen bieten verschiedene Formen je nach Zeitdauer, Aufeinanderfolge und Stärke der einzelnen Reizungen. Unter allen Muskel- und Nervenreizen ist die Elektrizität der geeignetste, weil man dieselbe sowohl zeitlich als räumlich am besten in der Gewalt hat. Es können folgende Fälle unterschieden werden:

I. Ein momentaner elektrischer Schlag. Die Dauer eines solchen kann sehr kurz sein, z. B. $^1/_{1000}$ Secunde. Die Verkürzung, welche nicht sogleich beginnt (81), geschieht nicht gleichmässig, sondern mit zunehmender, später wieder abnehmender Geschwindigkeit. Nach erreichtem Maximum der Verkürzung erfolgt die Verlängerung. Der ganze Vorgang bis zur Wiedergewinnung der früheren Form nimmt etwa $^1/_4$ Secunde in Anspruch. Das Maximum der jedesmaligen Verkürzung wird schneller erreicht vom nicht ermüdeten Muskel, bei kleineren Verkürzungen und dem Anhängen geringer Lasten.

Zur Untersuchung dieser Verhältnisse dient der auspräparirte Froschmuskel und das unter 81 beschriebene graphische Verfahren. Mit Obigem ist übrigens nicht gesagt, dass $^1/_4$ Secunde die Minimalzeit einer Verkürzung und Wiederverlängerung dei Muskeln sei; wir vollführen eine Menge willkürlicher Bewegungen von merklich kürzerer Dauer.

II. Zwei momentane Schläge. Wenn 2 Schläge, von denen jeder für sich das Maximum einer momentanen Reizung zu Stande bringt, auf den Muskel wirken, so sind folgende Fälle möglich (Helmholtz): 1) Der zweite Schlag kommt zur Wirkung, genau nach Beendigung der Wirkung des ersten, man hat dann zwei Verkürzungen. 2) Der zweite Schlag gelangt zur Wirkung während der Wirkung des ersten, d. h. während der Muskel sich verkürzt oder wieder verlängert. Dann addirt sich die dem zweiten Schlag entsprechende Verkürzung zu dem vorhandenen Verkürzungsgrad des Muskels. 3) Der zweite Schlag kommt zur Wirkung, wenn die dem ersten Schlag entsprechende Zuckung eben beginnt, d. h. der zweite Schlag folgt sehr schnell (mindestens nach $\frac{1}{600}$ Secunde) auf den ersten. Die Verkürzung ist jetzt nicht grösser als bei einem einzigen Schlag.

III. Schnell auf einander folgende Schläge. Der Muskel hat keine Zeit, zwischen den Einzelschlägen zu erschlaffen; er verharrt in anhaltender Verkürzung, im Tetanus. Dabei vermag er, trotz gleichbleibender Intensität des Reizes, das anfängliche Verkürzungsmaximum nicht zu behaupten; er verlängert sich allmälig. Dieser Verlängerungszuwachs erfolgt aber in gleichen Zeiten nicht in gleichem Grade; anfangs nimmt er zu, später aber wieder ab (Volkmann).

Zur Herstellung einer anhaltenden Verkürzung sind zum Mindesten etwa 15 elektrische Schläge in der Secunde beim Froschmuskel erforderlich; andererseits hört der Tetanus aber auch auf, wenn die Schläge allzuschnell (z. B. einige 100 in der Secunde) aufeinanderfolgen; Vermehrung der Stromstärke führt dann wiederum Tetanus herbei (Harless, Heidenhain).

88. Vorbemerkungen über Muskelelasticität.

Ein elastischer Körper, z. B. ein Kautschukfaden, zeigt, wenn keine äusseren Kräfte auf ihn wirken, eine gewisse Form, seine »natürliche Form«. Wird aber ein Zug auf ihn ausgeübt, z. B. durch Anhängen eines Gewichtes, so verlängert er sich; die Theilchen entfernen sich jetzt etwas von einander, ihre elastischen Kräfte werden in Anspruch genommen und zwar um so mehr, je mehr der Körper von seiner natürlichen Form entfernt wird. Diese elastischen Kräfte reagiren wiederum auf die Befestigungspunkte des Körpers mit einer Kraft, welche gleich ist der dehnenden Kraft. Wird das angehängte Gewicht weggenommen, so gewinnt der Körper seine frühere Form; wird aber bloss ein Theil der Gewichte entfernt, so verkürzt er sich um ein Gewisses, d. h. er hebt den Rest der Gewichte auf eine gewisse Höhe.

Man unterscheidet 1) Vollkommenheit der Elasticität: der Körper nimmt nach aufhörender Dehnung genau wieder seine frühere natürliche Form an, eine Eigenschaft, die dem Muskel ohne wesentlichen Fehler zugeschrieben werden kann; 2) Grösse der Elasticität: Manche Körper geben schon geringen Zugkräften nach, sie üben desshalb auch auf ihre Befestigungspunkte nur geringe elastische Kräfte aus; andere dehnen sich schwerer aus, z. B. ein

Stahldraht. Den ersteren schreibt man eine geringe, den zweiten eine grosse Elasticität zu.

Das Gewicht, welches einen Körper von der Querschnittseinheit (z. B. 1 □ Centimeter) um das Doppelte seiner natürlichen Form ausdehnt, nennt man Elasticitätsmaass. Um letzteres zu finden, hängt man den Körper an einem graduirten Stativ senkrecht auf und misst dessen natürliche Länge. Hierauf wird an das untere Ende des Körpers eine Waagschaale befestigt und dieselbe der Reihe nach belastet, unter gleichzeitiger Messung der entsprechenden Dehnungen. Der Muskel nimmt die der Belastung entsprechende Dehnung schnell an, erst später und allmälig erfolgt eine zweite geringe Dehnung (Wundt), von der jedoch abgesehen werden kann.

89. Elasticität des unthätigen Muskels.

Die Muskeln sind auch im unthätigen Zustand etwas gespannt; nach Durchschneidung einer Sehne weichen die Schnittflächen in der That ein wenig auseinander. Die Spannung der unthätigen Muskeln ist übrigens relativ schwach, sodass wir gewohnt sind, dieselben als schlaff zu bezeichnen.

Die Spannung des unthätigen Muskels ist wichtig für seine Function. Wäre derselbe gar nicht gespannt, so müsste er, wenn er in Thätigkeit kommt, zuerst einen gewissen Spannungsgrad erlangen und würde dann erst im Stande sein, den Knochen zu bewegen.

Die elastischen Kräfte der unthätigen Muskeln werden im Körper in Anspruch genommen, wenn deren Antagonisten sich verkürzen; dagegen gewinnen, beim Nachlass der Thätigkeit der Antagonisten, die gespannten, unthätigen Muskeln wieder ihre frühere Form.

Die unthätigen Muskeln werden (wie die weichen thierischen Gewebe überhaupt, nach Wertheim) schon durch kleine Gewichte stark gedehnt, ihre weiteren Dehnungen nehmen aber bei successiv grösseren Belastungen rasch ab.

Ed. Weber erhielt an einem Froschmuskel (hyoglossus) folgende Werthe:

Belastung in Grammen.	Muskellänge in Millimetern.	Ausdehnung in Millim.	Ausdehnung Procentige.
0,3	24,9	—	—
1,3	30,0	5,1	20
2,3	32,3	2,3	7
3,3	33,4	1,1	3
4,3	34,2	0,8	2
5,3	34,6	0,4	1

Wäre der unthätige Muskel begabt mit „grosser“ Elasticität, so würde er seinen Antagonisten einen bedeutenden Widerstand entgegensetzen und dieselben zu unnöthigem Kraftaufwand veranlassen. Auch würde nach Aufhören der Wirkung des Antagonisten der gedehnte unthätige Muskel mit grosser Kraft seine frühere Form einnehmen und die Glieder müssten demzufolge kräftige, schnellende, also in hohem Grade störende, Bewegungen ausführen.

90. Elasticität des thätigen Muskels.

Die Muskeln werden im Zustand der Thätigkeit nach Ed. Weber dehnbarer, d. h. ihre elastischen Kräfte nehmen ab. Diese Erscheinung bietet unmittelbar der bis auf einen gewissen Grad ermüdete Muskel; wird ein solcher mit einem stärkern Gewicht belastet und alsdann gereizt, so verlängert er sich in der That (allerdings nur um ein Geringes), statt sich zu verkürzen.

Hängt man an den thätigen Muskel successiv neue, aber gleiche Gewichte an, so nimmt die in Procenten seiner Länge ausgedrückte Dehnung immer mehr zu; bis zu einem Punkt, wo der Muskel die geringste Elasticität zeigt, d. h. wo das Hinzufügen eines neuen Gewichtes den Muskel relativ am meisten dehnt. Z. B. ein mit 5 Grammen beschwerter Muskel erhielt weitere 5 Gramme zugelegt, er dehnte sich um 3 %; während er, bei 25 Grammen Belastung, nach Hinzufügen von neuen 5 Grammen um 12 % sich dehnte. Von diesem Maximum der Dehnberkeit an bewirkten neue Auflagerungen wieder geringere Dehnungen; z. B. bei 30 Grammen Belastung weitere 5 Gramme bloss 8 % Verlängerung. Dieser Wendepunkt erscheint um so früher, je mehr der Muskel ermüdet ist. Da die elastischen Kräfte des thätigen Muskels abnehmen, so ist derselbe bloss im Stande, ein geringeres Gewicht zu heben, als er heben könnte, wenn er sich verkürzen würde ohne Verringerung seiner Elasticitätsgrösse.

In obigem Beispiel ist der kürzeste Ausdruck gewählt, um die elastischen Erscheinungen des thätigen Muskels zu schildern, obschon der Versuch selbst so nicht ausführbar ist. Da nämlich die natürliche Länge und Elasticität des thätigen Muskels von Augenblick zu Augenblick sich ändert, so ist es praktisch unthunlich, den contrahirten Muskel (wie das beim unthätigen geschieht) durch verschiedene Gewichte der Reihe nach dehnen zu lassen. Weber glaubt, es führe zu demselben Ziel, wenn man den, durch verschiedene Gewichte gedehnten, unthäthigen Muskel sich contrahiren lässt. Man hat dann in den Längen, welche der thätige Muskel bei verschiedenen Belastungen zeigt, die Werthe zur Berechnung seiner Dehnbarkeit.

Innere Gründe sprechen für die Richtigkeit des Weber'schen Gesetzes, dass im thätigen Muskel der Elasticitätsmodul abnimmt. Doch soll damit nicht behauptet werden, dass die Abnahme gewöhnlich so bedeutend sei, als Weber fand. Volkmann wendet gegen Weber's Verfahren ein, dass der unthätige Muskel durch das Gewicht schon gedehnt sei, also sich zuvor verkürzen müsse, um nur seine frühere Form zu erlangen, worauf erst die weitere Verkürzung folgt; der Muskel werde also bei Weber's Methode zu sehr ermüdet. Brachte Volkmann unter dem Gewicht eine, die Dehnung des Muskels verhütende Stütze an, und reizte er dann den Muskel, so wurde das Gewicht höher gehoben, d. h. die Dehnbarkeit des thätigen Muskels war geringer als beim Weber'schen Verfahren.

91. Maass der Muskelkraft.

Die Muskeln vermögen, wie jede andere Kraftquelle (Motor), äussere Widerstände zu überwinden. Die Effekte können dabei sehr verschieden sein, z. B. Veränderung der Form eines Körpers, Bewegung eines ruhenden Körpers, Veränderung oder selbst Vernichtung einer vorhandenen Bewegung u. s. w.; immer aber besteht die nächste Aeusserung der Muskelthätigkeit, wie jeder Kraft überhaupt, in einem Zug oder einem Druck (Stoss). Wenn wir einen Körper stossen oder an ihm ziehen, so haben wir das Gefühl einer bestimmten Anstrengung; ein ähnliches Gefühl stellt sich ein, wenn wir ein Gewicht einfach z. B. mit der freien Hand unterstützen. Die Kräfte sind also für uns wahre Gewichte, sie lassen sich ausdrücken und unter sich vergleichen durch Gewichte. Eine bestimmte Kraft wird demnach an einer Waage einem bestimmten Gewichte das Gleichgewicht halten.

Als »Kraftmesser« (Dynamometer) verwendet man in der mechanischen Praxis vielfach die Federwaagen. Das Regnier'sche Dynamometer besteht aus

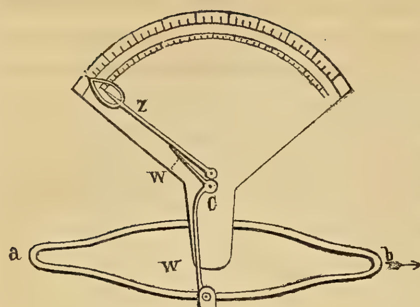


Fig. 4.

einer ovalen elastischen Feder *a b* Fig. 4 und dient zur Messung der Zug- wie der Druckkräfte. Sucht man durck Druck die beiden Arme der Feder zu nähern, so schiebt der, um *c* sich drehende, Winkelhebel *ww* den Zeiger *z* längs der nach Gewichten graduirten Scala nach rechts. Wirkt aber, wenn das Ende *a* befestigt ist, bei *b* in der Richtung des Pfeiles eine Zugkraft, so wird die Feder gedehnt in der Längsrichtung, was wiederum ein Zusammendrücken derselben in der Querrichtnng zur Folge hat. Eine zweite, für diese Zugkräfte graduirte Scala zeigt die betreffenden Werthe an.

Nach Quetelet kann ein mittlerer Mann mit beiden Händen eine maximale Druckkraft ausüben von etwas über 70 Kilogrammen; den doppelten Werth hat dagegen die Zugkraft beider Arme.

92. Nutzeffekt einmaliger Muskelverkürzung.

Die im vorigen § erwähnte Messung der Kräfte nach ihrer »unmittelbaren Aeusserung« ist in der Lehre vom Gleichgewicht der Kräfte die allgemein übliche. In der Bewegungslehre dagegen werden die Kräfte anders gemessen, nämlich durch die äusseren Wirkungen der Bewegungen, den sog. Nutzeffekt, mechanischen Effekt, die Arbeit der Bewegungen. Das vertikale Heben eines Gewichtes stellt die einfachste Arbeit dar, weil der zurückgelegte Weg in die Richtung der Kraft fällt; desshalb führt man alle Nutzeffekte auf diesen Ausdruck zurück. Der Nutzeffekt einer einmaligen Verkürzung eines auspräparirten, senkrecht aufgehängten Muskels ist somit das Produkt des durch den Muskel gehobenen Gewichtes in die Hubhöhe (Muskelverkürzung).

Ed. Weber erhielt an einem Froschmuskel folgende Werthe:

	Gehobene Last in Grammen:	Hubhöhe in Millimet.:	Nutzeffekt in Gramm-Millimet.:
a.	5	27,6	138
b.	15	25,1	376
c.	25	11,45	286
d.	35	6,3	220

d. h. 138 Gramm-Millimeter sind = dem Heben eines Gewichtes von 5 Grammen auf 27,6 Millimet. oder von 27,6 Grammen auf 5 Millimet. u. s. w.

Der Nutzeffekt wächst mit der Belastung, erreicht dann ein Maximum (bei b.) und wird mit weiteren Belastungen zunehmend kleiner. Ein specieller Muskel bietet nach Weber das Maximum seines Effektes bei einer bestimmten Belastung, ein anderer Muskel bei einer anderen Belastung. Ein er-

müdeter Muskel z. B. verkürzt sich bei schwacher Belastung verhältnissmässig noch am besten; hierher fällt das Maximum seines Effektes; starke Lasten kann er gar nicht mehr heben, also unter solchen Umständen keinen Nutzeffekt mehr leisten.

93. Nutzeffect wiederholter Muskelverkürzungen.

Die Leistung eines Bewegungsmechanismus ist noch nicht vollständig definirt durch die Angabe des Nutzeffectes einer einmaligen Bewegung; es muss desshalb noch beigefügt werden, innerhalb welcher Zeit die Bewegung ausgeführt wird und wie oft sie wiederholt werden kann. Um die Nutzeffecte auch in dieser Hinsicht unter sich vergleichbar zu machen, reducirt man sie auf eine Zeiteinheit, z. B. die Secunde. Die heutige Mechanik (Redtenbacher u. A.) nimmt auf Grund zahlreicher practischer Erfahrungen für die Secundenleistung eines mittlern Arbeiters während seiner Arbeitszeit 7, für die eines Pferdes 60—70 Kilogrammeter an. Die Muskeln können aber nicht beständig arbeiten, daher müssen auch die Ruhezeiten eingerechnet werden. Wird die Arbeitsdauer zu 8 Stunden angenommen, so beträgt der tägliche Nutzeffect des mittleren Arbeiters 201600 Kilogr. Met.; die durchschnittliche Secundenleistung (die Ruhezeit eingerechnet) also 2,3 K.M.

Jeder Motor, der leblose wie der lebende, ist nur zu einem bestimmten durchschnittlichen Nutzeffect befähigt. Bei lebenden Motoren kann derselbe zwar vorübergehend nicht unbedeutend gesteigert werden, aber immer auf Kosten späterer Arbeitsfähigkeit, ja selbst der Gesundheit. Der Arbeiter gehorcht den oben geschilderten Normen instinktmässig. Soll er Tag für Tag den möglichsten Nutzeffect erreichen, so beschwert er sich bei jeder einzelnen Einzelbewegung nur mit einer bestimmten Last, lässt die Bewegungen in bestimmten Zwischenräumen auf einander folgen und sorgt für eine gehörige Vertheilung der Ruhezeiten.

Viele herkömmliche Angaben über den täglichen Nutzeffect eines Arbeiters führen zu Werthen, welche den oben definirten nicht nur bedeutend übertreffen, sondern auch, je nach der Arbeit selbst (Werfen von Erde mit einer Schaufel, Heben von Lasten mittelst Maschinen u. dgl.) unter sich selbst in hohem Grad abweichen. Diese Angaben beziehen sich aber auf Arbeiten, die miteinander direkt gar nicht vergleichbar sind, ja selbst zum Theil auf gar keine „Nutzeffecte“ im mechanischen Sinn, z. B. das Fortbewegen des Körpers oder einer Last auf ebenem Boden. Im letzteren Fall ist die Arbeit nicht etwa das Produkt der Last in die Länge des Weges, indem die Last nicht in der Richtung des Weges, sondern in einer darauf senkrechten Richtung widersteht.

94. Statische Kraft des Muskels.

Der unthätige Muskel verlängert sich, wenn er mit einem Gewicht belastet wird; der thätige Muskel dagegen hebt jenes Gewicht; bei einem bestimmten Gewicht aber vermag der thätige Muskel dasselbe nicht zu heben, andererseits aber das Gewicht den thätigen Muskel nicht zu verlängern. Der thätige Muskel hat nunmehr dieselbe Länge, wie in seinem unthätigen, durch kein Gewicht beschwerten Zustand; mit anderen Worten: das Gewicht ist jetzt im Gleichgewicht mit dem thätigen Muskel. Dieses Gewicht ist das Maass der sog. statischen Kraft des

Muskels. (Ed. Weber). Z. B. ein Froschmuskel, der im unthätigen Zustand 25 M. m. lang war, wurde successiv mit verschiedenen Gewichten belastet und gereizt. Er hob diese Gewichte; bei 36,2 Gramm. Belastung aber zeigte er, trotz seiner Thätigkeit, wiederum eine Länge von 25 M. m. Der Muskel hatte einen Querschnitt von 0,052 □ C. M., also war seine statische Kraft für 1 □ C. M. Querschnitt = 692 Grammen. Ziemlich übereinstimmende Werthe ergaben die Querschnittseinheiten anderer Muskeln.

95. Muskeltonus.

Man hat vielfach angenommen, dass selbst der unthätige Muskel in einer beständigen, wenn auch nur schwachen activen, d. h. vom Nerven ausgehenden Contraction begriffen sei. Diesen, von der elastischen, passiven Spannung des Muskels (s. 89) wohl zu unterscheidenden Zustand hat man Tonus genannt. Gewöhnlich betrachtete man das Rückenmark als Quelle dieses permanenten Einflusses. Heidenhain prüfte den Tonus der Sceletmuskeln experimentell. Er maass die Länge eines auspräparirten Froschmuskels unter einem bestimmten Spannungsgrade (d. h. bei einer gewissen Belastung), durchschnitt sodann den zugehörenden Nerven und schloss aus dem Ausbleiben der Verlängerung nach der Nervendurchschneidung auf die Abwesenheit einer vom Rückenmark ausgehenden beständigen Innervation. Manchen organischen Muskelfasern, namentlich den Gefässmuskeln, wohl auch den Irismuskeln zum Theil, kann übrigens eine beständige und zwar nicht unbedeutende active Contraction aus, in 164 und 379 erwähnten Gründen nicht abgesprochen werden. Für gewisse Sphinktermuskeln namentlich hat man eine unausgesetzte active Zusammenziehung verlangt; die hiefür angeführten Gründe sind übrigens nicht triftig (s. Afterverschluss und Harnröhrenverschluss).

Brondgeest schlug ein anderes Verfahren zur Prüfung des Tonus ein. In Fröschen wurde das Rückenmark hoch oben quer getrennt und der Schenkelnerv der einen Extremität durchschnitten. An dem am Kopf senkrecht aufgehängten Thier waren aber auf der operirten Extremität alle Gelenke etwas schlaffer und weniger gebeugt, woraus Brondgeest auf eine vom Rückenmark ausgehende permanente Innervation der Beugemuskeln schliessen möchte.

96. Zusammenhang zwischen Ernährung und Reizbarkeit der Muskeln.

Auspräparirte Froschmuskeln bewahren ihre Reizbarkeit am längsten in einer Sauerstoffatmosphäre, weniger lang in der Luft (Humboldt), am kürzesten in sauerstofffreien Gasmischungen. Der Muskel verschluckt nicht bloss Sauerstoff sondern giebt auch Kohlensäure ab in die umgebende Atmosphäre (G. Liebig). Die Sauerstoffaufnahme ist aber grösser als die Kohlensäureabgabe; beide nehmen zu, wenn die Muskeln in Contractionen versetzt werden, die Kohlensäureabgabe aber relativ mehr als die Sauerstoffaufnahme (Valentin).

Nach Unterbindung der arteriellen Blutzufuhr wird in Warmblütern der Willenseinfluss auf die Muskeln schnell vernichtet (Swammerdam, Stenon).

Die Muskeln verlieren nach einigen Stunden ihre Reizbarkeit und werden starr. Eine nicht zu spät erfolgende Injection von Blut (und damit indirekt von Sauerstoff) in die Gefässe stellt bis zu einem gewissen Grad die Reizbarkeit (Kay), Oeffnen der Ligatur sogar den Willenseinfluss (Stannius) wieder her. Die Hemmung des in den Muskeln sehr regen Stoffwechsels vernichtet demnach schnell deren Leistungsfähigkeit.

Die chemischen Veränderungen, welche die Muskelthätigkeit begleiten, sind wenig bekannt. Die Muskeln nehmen eine saure Reaction an 1) beim Absterben (Uebergang in Todtenstarre) und 2) auch im lebenden Zustand nach heftigen Anstrengungen (Dubois-Reymond). Wahrscheinlich bildet der Muskel immer Säure (Milchsäure z. B.), die aber sogleich durch die alcalische Ernährungsflüssigkeit neutralisirt, oder demselben auf endosmotischem Wege entzogen wird; wogegen die grösseren Säuremengen, die durch angestrengte Thätigkeit entstehen, nicht so schnell entfernt werden können. Nach Funke verhält sich die Reaction der Nervensubstanz ähnlich.

97. Todtenstarre.

Einige Zeit nach dem Tode werden die Muskeln derb und fest und die Glieder nehmen eine halbgebogene Lage an, wobei sie zugleich so resistent werden, dass Gewalt nöthig ist, um sie zu strecken. Die Starre beginnt nach Sommer, in den Hals- und Kaumuskeln, geht dann über auf die übrigen Gesichtsmuskeln, die oberen Gliedmaassen, den Rumpf und schliesslich auf die unteren Gliedmaassen. Das Herz wird frühe starr. Die Zeitverhältnisse schwanken in hohem Grade. Die Starre tritt ein 1/4 bis selbst 18 Stunden nach dem Tode; ihre Dauer bewegt sich zwischen wenigen Stunden und mehreren (5—6) Tagen Späteres Eintreten begünstigt im Allgemeinen eine längere Dauer. Das Aufhören der Starre geschieht in derselben Ordnung, wie sie eintrat, d. h. von oben nach unten; die nunmehr erschlafften Muskeln fallen der Fäulniss anheim. Starke Blutverluste, heftige Muskelanstrengungen, überhaupt alle Zustände, welche die Muskelkräfte herabsetzen (namentlich chronische mit Abmagerung verbundene Krankheiten) veranlassen ein baldiges Eintreten, kurze Dauer und geringere Grade von Starre, sowie auch frühzeitigen Beginn der Fäulniss.

Als Haupteigenschaften des starren Muskels sind zu nennen: Verlust der Reizbarkeit, geringere Dehnbarkeit, unvollkommene Elasticität (der gedehnte starre Muskel nimmt nach Aufhören der Dehnung die frühere Form nicht wieder an); geringere Cohäsion (man kann den starren Muskel leichter als den lebenden zum Zerreissen bringen).

Alle diese Eigenschaften variiren übrigens im Verlauf der Starre; Anfangs ist der Muskel, obschon bereits ein wenig steif, noch reizbar. Solche mässigen Grade der Starre können, durch Injection von Blut in die Adern, im menschlichen Leichnam selbst 5 Stunden nach dem Tode vorübergehend wieder beseitigt werden (Brown-Séquard).

Auch der starre Muskel nimmt Sauerstoff auf und giebt an die umgebende Atmosphäre Kohlensäure, sowie (was beim reizbaren Muskel nicht der Fall ist) Stickgas ab, doch so, dass die Kohlensäureabgabe im Vergleich zur Sauerstoffaufnahme grösser ist, als beim normalen Muskel (Valentin).

Der Zustand, in welchen die Muskeln durch Aufhebung der Blutzufuhr (95) gerathen, bietet Analogieen mit der Todtenstarre. Ausserdem werden, nach Pickford, die Muskeln auch beim Eintauchen in warmes Wasser starr und reizlos. Diese Wärmestarre verschwindet aber, unter Wiederherstellung der Reizbarkeit, bald; dessgleichen die durch Abbindung der Blutzufuhr erzeugte Starre, wenn die Ligatur wieder gelöst wird.

Brücke leitete die Starre ab von einer Gerinnung des vorher flüssigen Muskelfaserstoffes. Kühne und Harless haben die im Wasserextract des Muskels enthaltene gerinnbare Substanz näher untersucht; sie gehört zu den Eiweisskörpern, ist jedoch nicht identisch mit dem Muskelfaserstoff; bei etwa 45° wird sie niedergeschlagen, wobei die Flüssigkeit eine acidere Reaction gewinnt. Das Auftreten freier Säure betrachtet Harless als Ursache der Starre, indem der gerinnbare Eiweisskörper ausgeschieden würde; auch die Wärmestarre solle ähnlich zu erklären sein.

C. Sensibele Nerven.

98. Leistungen.

Gegenüber der beschränkten Aufgabe der motorischen Nerven sind die Leistungen der Empfindungsnerven höchst mannigfaltig. Oertliche Erregungen der letzteren pflanzen sich gleichfalls fort innerhalb der gereizten Fasern; von diesen aus können die Erregungen schliesslich übertragen werden:

1) Auf das Gehirn. Es entstehen Empfindungen und zwar eigentliche (objective) Sinnesempfindungen oder blosse Gemeingefühlswahrnehmungen.

2) Auf die Ursprünge motorischer Nerven. Es erfolgen unwillkürliche Bewegungen (s. Reflexbewegungen, 110).

Die Erregung kann aber auch innerhalb der gereizten Faser selbst verbleiben; sie wird weder wahrgenommen als Empfindung, noch schlägt sie um in Muskelbewegung; mit einem Wort: es fehlen äusserlich wahrnehmbare physiologische Effecte der Nerventhätigheit. Das Geräusch z. B., das uns im Schlafe nicht weckt, versetzt gleichwohl den Hörnerven in Thätigkeit.

Die Physiologie der Empfindungsnerven kann, nach dem über die Nerven überhaupt Vorausgeschickten, ausgesetzt und auf Abschnitt XVI. verwiesen werden.

D. Ernährungseinflüsse des Nervensystems.

99. Mittelbare Einflüsse.

Die hieher gehörigen Betheiligungen des Nervensystemes an den vegetativen Functionen sind folgende: 1) Unterhaltung und Beherrschung der im Dienste jener Functionen stehenden Bewegungen, und zwar so, dass dieselben nach Stärke, Häufigkeit u. s. w. dem jedesmaligen Energiegrade der betreffenden Functionen genau entsprechen; z. B. die Athembewegungen sinken und steigen mit unserem wechselnden Athembedürfniss; die Bewegungen des Nahrungsschlauches stehen in Zusammenhang mit dessen Dauungsthätigkeiten. 2) Regulirung der Blutzufuhr: ist ein Organ in lebhafterer Thätigkeit und Stoffwechsel begriffen, so erweitern sich dessen Arterien, die Blutzufuhr zu ihm nimmt zu. Die Variationen aber der Gefässcaliber stehen unter dem Einfluss der Gefässnerven (164). 3) Ermöglichung gewisser Functionirungen insbesondere: der motorische Nerv z. B. wird,

indem er die Thätigkeitsgrade des Muskels beherrscht, dadurch mittelbar von Einfluss auf dessen Stoffwechsel. Gelähmte Muskeln verlieren, schon zufolge des Nichtgebrauches, an Volumen; z. B. eine länger bestehende Lähmung des N. facialis einer Seite bedingt eine geringere Völle der entsprechenden Gesichtshälfte.

In allen diesen Fällen betheiligt sich das Nervensystem nur in accidenteller Weise an dem Stoffwechsel, jedoch so, dass die betreffenden Wirkungen unter Umständen sehr eingreifende sein können und dass sie in noch unerklärten harmonischen Wechselbeziehungen stehen mit den innern Vorgängen des Stoffwechsels selbst.

100. Unmittelbare Einflüsse.

Sie stellen die sog. trophischen Nervenwirkungen im engeren Sinne dar; aber mit Strenge verfahren können nur sehr wenige Thatsachen hieher gerechnet werden. Die elektrische Reizung gewisser Nerven ruft plötzlich Speichelabsonderung hervor (184) und zwar selbst nach Unterbindung der betreffenden Arterien (Ludwig). Auch manche Wirkungen von Gemüthsbewegungen gehören wahrscheinlich hierher: z. B. die Thränensecretion bei traurigen Vorstellungen, die im Kinde so plötzlich und in solchen Mengenverhältnissen auftreten kann, dass sie nicht wohl auf accidentelle Momente (stärkere Blutzufuhr, Erweiterung der Gefässe u. dgl.) zurückzuführen sein dürfte. Ueber die Wirkungsweisen der Nerven bei diesen Vorgängen können wir uns vorerst keine weitere Vorstellung machen, als die in ihrer Allgemeinheit freilich wenig sagende: der Nerveneinfluss modificire die endosmotischen Kräfte der betreffenden Membranen, so dass die Secretionen, oder der endosmotische Austausch zwischen Capillarblut und Parenchym der Organe, anders sich gestalten müssen.

Einzelne klinische Fälle eigenthümlicher Ernährungsstörungen scheinen für die Existenz specifischer trophischer Nervenwirkungen zu sprechen, namentlich die sog. Atrophiae neuroticae circumscriptae, in welchen bei Abwesenheit sonstiger Lähmungserscheinungen, die Ernährung der Weichtheile oder auch der Knochen an einer beschränkten Körperstelle, z. B. einer Gesichtshälfte, bedeutend beeinträchtigt sein kann.

Aerger kann die Verdauung stören (direkter Einfluss auf die Secretion des Magensaftes?), Angst ruft Schweiss hervor; die Vorstellung von Speisen vermehrt im Hungrigen die Speichelsecretion u. s. w. Nach Durchschneidung des Trigeminus entsteht Entzündung des Auges, nach Trennung der Vagi Lungenentzündung; Wirkungen, die freilich noch nicht befriedigend erklärt werden können und die von Manchen auf rein accidentelle Ursachen, jedoch mit Unrecht, zurückgeführt werden. Bei vielen Secretionen haben übrigens die Durchschneidungen oder Reizungen der betreffenden Drüsennerven zu negativen Ergebnissen geführt.

Wenn, ganz abgesehen von den Pflanzen, in den niedersten Thieren Zeitlebens, im Ei der höheren Thiere wenigstens in der ersten Zeit, ein lebhafter Stoffwechsel besteht ohne Vorhandensein eines Nervensystemes, so berechtigen diese Thatsachen allerdings nicht zu dem Schluss, dass das Nervensystem, da wo es vorhanden ist, keine „trophische“ Wirkungen ausüben könne, wohl aber erschweren sie unsere Vorstellungen über die Specifität dieser Wirkungen in hohem Grade.

E. Leitung der Empfindungs- und Bewegungseindrücke innerhalb der Nervencentren.

101. Bau des Rückenmarks.

Das Rückenmark wird durch die vordere und hintere Medianspalte in eine rechte und linke Hälfte getrennt; die Brücke zwischen beiden symmetrischen Hälften wird von der im Centrum des Querschnitts liegenden Commissur hergestellt. Jede Seitenhälte besteht aus einem Vorder-, Seiten- und Hinterstrang; der erstere entlässt die motorischen, der Hinterstrang die sensibeln Wurzeln der Rückenmarksnerven. Die Seitenstränge sind übrigens nur am Halstheil von den Vordersträngen trennbar; auch haben sie bloss an dieser Stelle eine von den Vordersträngen gesonderte Function. Am Querschnitt des Rückenmarks unterscheidet man die aus Nervenfasern bestehende weisse (Rinden-) und die graue (Mark-) Substanz.

Die graue Substanz stellt ebenfalls ein durch das Rückenmark verlaufendes, zusammenhängendes Ganze dar. Sie bildet: 1) die Commissur (nur am Grund der vorderen Medianspalte besteht die Commissur auch aus weisser Substanz, in der Fasern beider Seitenhälften sich austauschen). 2) Jederseits die in ihre gleichnamigen Rückenmarksstränge hereinragenden Vorder- und Hinterhörner. Die graue Substanz ist ausgezeichnet durch ihren Reichthum an Nervenkörperchen. Diese schicken zahlreiche Fortsätze aus nach Nervenkörperchen derselben und der anderen Rückenmarkshälfte, sowie zu den Fasern der weissen Substanz.

Die Fasern der weissen Substanz sind je nach ihrer Richtung quere oder longitudinale. Die Bündel der Querfasern unterbrechen nämlich die Längsfaserzüge der weissen Substanz und treten in die Wurzeln der Rückenmarksnerven ein. Die Fasern der vorderen Nervenwurzeln gehen, nachdem sie die weisse Substanz des Rückenmarks durchsetzt haben, direct über in die Nervenkörperchen (der Vorderhörner) der grauen Substanz. Die Fasern aber der hinteren Rückenmarksnervenwurzeln verlaufen nicht sogleich quer durch die weisse Substanz, um die grauen Hinterhörner aufzusuchen; sie sind sehr viel zahlreicher als die der vordern Wurzeln und strahlen büschelförmig etwas nach aufwärts, ja selbst theilweis nach abwärts, um jedoch bald in die Hinterhörner sich einzusenken. Ihre Beziehungen zu den Nervenkörperchen sind weniger sicher erforscht. Nach Schröder v. d. Kolk verläuft sogar ein Theil der Fasern der hintern Nervenwurzeln, ohne in die Hinterhörner einzutreten, in der weissen Substanz der Hinterstränge unmittelbar zum Gehirn nach aufwärts. Alle übrigen Längsfasern der weissen Substanz aber senken sich in Nervenkörperchen der grauen Substanz ein und stellen somit nichts anderes dar, als nach aufwärts verlaufende Fortsätze der Nervenkörperchen des Rückenmarks.

Aus dieser, auf die Untersuchungen von Stilling, Schröder v. d. Kolk, Kölliker, Bidder und Kupffer gestützten Darstellung geht hervor:

1) Die (meisten) Fasern der Rückenmarksnerven setzen sich nicht einfach durch das Rückenmark fort bis zum Hirn, sondern sie treten zunächst ein in Nervenkörperchen, um erst von diesen aus als Längsfasern der weissen Rückenmarkssubstanz nach aufwärts zu verlaufen.

Die Zahl dieser Längsfasern der weissen Substanz nimmt nach unten ab. Ein Querschnitt durch das oberste Halsmark enthält also, im Vergleich zu den, von ihm eingeschlossenen Querfasern der weissen Substanz, die meisten Längsfasern; ein Querschnitt des untersten Theils des Rückenmarks dagegen relativ die meisten Querfasern.

2) Die Nervenkörperchen der grauen Rückenmarkssubstanz sind die Verbindungsglieder zwischen den peripheren Fasern der Rückenmarksnerven und den Längsfasern der weissen Substanz.

3) Die Nervenkörperchen stehen aber auch unter sich nach allen Richtungen hin durch Fortsätze in Verbindung, und zwar unmittelbar oder mittelbar, nämlich durch zwischengelagerte andere Nervenkörperchen. Schon daraus geht die Möglichkeit hervor, dass die Nervenkörperchen auf entfernte Nervenkörperchen der grauen Rückenmarkssubstanz und auf entfernte Nervenfaserursprünge wirken können.

102. Direkte Reizung der Rückenmarksstränge.

Die Einsenkung der motorischen und sensibeln Rückenmarksnervenwurzeln in die Vorder- und Hinterstränge liess vermuthen, dass Reizung der Hinterstränge Schmerzen, der Vorder- und Seitenstränge dagegen direkt Muskelzuckungen bewirke. Der Versuch bestätigte bloss die erstere Vermuthung. Die Hinterstränge sind sensibel, jedoch in viel geringerem Grade als ihre Nervenwurzeln (Schiff). Die graue Substanz ist unempfindlich (Magendie), auch löst ihre Reizung keine Zuckungen aus.

Das über die Vorder- und Hinterstränge Gesagte gilt auch, wenn man den Versuch so anstellt, dass die eintretenden Nervenwurzeln, deren Reizung Schmerzen resp. Zuckungen setzen, nicht getroffen werden.

103. Leitungen im Rückenmark.

Die zunächst in die Augen fallende Hauptleistung des Rückenmarkes besteht in der Vermittelung der Leitung zwischen dem Gehirn und den Rückenmarksnerven. Nach vollständiger Querdurchschneidung des Rückenmarkes sind diejenigen Muskeln dem Willenseinfluss gänzlich entzogen, und diejenigen Hautstellen vollkommen unempfindlich geworden, deren Nerven unterhalb der Schnittstelle vom Rückenmark abgehen; unversehrt geblieben sind dagegen die Theile, die von Nerven oberhalb des Schnittes versorgt werden. Die Ausbreitung der Lähmung hängt demnach von der Höhe der durchschnittenen Stelle des Rückenmarks ab.

Ueber die Betheiligung der Einzelstränge des Rückenmarks an diesen Leitungen herrschen grosse Widersprüche unter den Forschern (Magendie, Longet, Fodéra, Deen, Türk, Brown-Séquard, Schiff). Uebrigens deuten schon die Resultate der mikroskopischen Anatomie, namentlich die Thatsache,

dass die Längsfasern der Vorderstränge keine unmittelbaren Fortsetzungen der vorderen Nervenwurzeln darstellen und dass auch die Hinterstränge den hintern Nervenwurzeln gegenüber (wenigstens in der grossen Majorität ihrer Längsfasern sich ähnlich verhalten, auf verwickeltere Normen bei diesen Leitungen, die wir in folgenden §.§ specieller betrachten.

104. Sensibele Leitung im Rückenmark.

Die vollständige Quertrennung der Hinterstränge, ja selbst das Ausschneiden eines Stückes derselben, hebt die Empfindlichkeit der Hautbezirke nicht auf, welche von Nerven versorgt werden, die unterhalb der Schnittstelle vom Rückenmark abgehen. Durchschneidet man dann nachträglich auch die Seiten- und Vorderstränge und lässt nur noch eine Brücke grauer Substanz übrig (gleichgültig ob in der Commissur, den Hinter- oder Vorderhörnern), so besteht die Empfindungsleitung noch fort und zwar von sämmtlichen Punkten des Hinterkörpers, allerdings in sehr geschwächtem Grad und so, dass die Wirkungen um so langsamer eintreten, je kleiner die Brücke grauer Substanz ist. Sogar nach querer Durchschneidung des Rückenmarkes, also auch der gesammten grauen Substanz, mit Ausnahme der Hinterstränge spürt das Thier noch Berührungen der Haut des Hinterkörpers, aber die heftigsten Eingriffe machen nunmehr keine Schmerzen (Schiff). Es ist also nur Lähmung des Gemeingefühls, nicht aber der allgemeinen Tastempfindlichkeit vorhanden.

Nach Durchschneidung der Hinterstränge treten auffallenderweise Zeichen von Ueberempfindlichkeit ein in den Hautbezirken unterhalb des Schnittes und selbst schwache Erregungen der betreffenden Hautstelle lösen starke Bewegungen aus, die nicht als Reflexbewegungen (§ 110) zu deuten sind (Brown-Séquard). Diese Ueberempfindlichkeit (Folge eines localen Reizzustandes?) schwindet nach einiger Zeit und geht in den entgegengesetzten Zustand über. Nach Durchschneidung bloss eines Hinterstranges beschränkt sich die Ueberempfindlichkeit auf die betreffenden Hautbezirke derselben Körperseite.

105. Motorische Leitung im Rückenmark.

Wird das Rückenmark, also auch die gesammte graue Substanz, quer durchschnitten, mit Ausnahme der Vorderstränge, so zeigt das Thier (Säuger eignen sich kaum zu diesem Versuch, wohl aber Frösche) nach einiger Zeit wieder willkürliche Bewegung (Deen). Aber auch die Durchschneidung der Vorderstränge mit thunlichster Schonung der grauen Masse schwächt nur vorübergehend die willkürlichen Bewegungen des Hinterkörpers und zwar scheint jede Stelle des Querschnittes der grauen Substanz auch die motorischen Leitungen vermitteln zu können.

Die specifischen motorischen Functionen der Seitenstränge s. 236.

Viele der betreffenden Versuche, namentlich die über Bewegungsleitungen, sind nach Ausführung und Interpretation gleich schwierig, daher die fast beispiellosen Widersprüche auf diesem Gebiet. Die willkürlichen Bewegungen der Thiere,

die als solche oftmals schwer zu deuten sind, müssen erst abgewartet werden; die Zeichen des Schmerzes sind vielfach unsicher und mässige Beeinträchtigungen der Beweglichkeit und Empfindlichkeit (Halblähmungen) nicht leicht zu erkennen. Ferner ist die Beschränkung der Verletzung auf die beabsichtigte Stelle schwer durchführbar, sowie auch die nachträglichen Wirkungen der Operation über die Eingriffsstelle hinaus (Entzündung u. s. w.), sich erstrecken können. Die Schnelligkeit, mit der die Zerstörung geschieht (plötzliche Trennung beim physiologischen Versuch gegenüber den, oft sehr chronischen Rückenmarksleiden) scheint endlich nicht minder von Einfluss zu sein, indem eine Accommodation (Aufsuchung neuer Bahnen?) sehr wohl denkbar ist.

106. Folgerungen über die Leitungen im Rückenmark.

1) Die Vorder- (und Seiten-) Stränge leiten die motorischen, die Hinterstränge die sensibelen Erregungen zwischen dem Gehirn einerseits und den Rückenmarksnerven andererseits, aber (in der Regel) nicht unmittelbar, denn zwischen den (meisten) Fasern der Rückenmarksnerven und den Längsfasern der Rückenmarksstränge sind die Nervenkörperchen der grauen Substanz eingefügt. Die graue Substanz selbst leitet sowohl Empfindungen als willkürliche Bewegungen.

2) Die Leitung von einer bestimmten peripheren Stelle durch das Rückenmark zum Hirn und umgekehrt, ist nicht bloss an einen einzigen Weg im Rückenmark mit Nothwendigkeit gebunden. Die mikroskopischen Studien über das Rückenmark geben diesem und einigen folgenden Sätzen weitere Stützen; das Mark ist eben keine einfache Juxtaposition von Nervenfasern.

3) Unentschieden muss aber bleiben, ob die Leitung durch das Rückenmarck im Normalzustand immer denselben Weg einschlägt und ob andere Wege nur dann aufgesucht werden, wenn der gewöhnliche mechanisch (d. h. dauernd) oder vorübergehend (functionell?) unterbrochen ist.

4) Die sensibele Leitung ist nicht an die sensibeln Parthien nothwendig gebunden (die graue Substanz ist unempfindlich), dessgleichen wird die motorische Leitung von Theilen übernommen (graue Substanz, weisse Substanz der Vorderstränge), deren direkte Reizung keine Zuckungen setzt.

Die geringen Wirkungen einfacher partieller Querschnitte erklären sich dadurch, dass, abgesehen von den leitenden Längsfasern der weissen Substanz und den etwa in den Schnitt fallenden Querfasern eines Nerven, bloss die Nervenkörperchen der Schnittfläche beeinträchtigt werden. — Nach Durchschneidung einer Seitenhälfte des Rückenmarkes zeigt die entsprechende Körperseite weder Empfindungslähmung in den betreffenden Hautbezirken, noch mit Nothwendigkeit Bewegungslähmung. Selbst wenn die eine und etwas höher die andere Seitenhälfte durchschnitten werden, ist weder die Empfindung noch die Bewegung vollständig aufgehoben (Deen). Klinische Erfahrungen haben zu ähnlichen Ergebnissen geführt, die namentlich nach dem über das Leitungsvermögen der grauen Substanz Gesagten wohl erklärlich sind. — Die Versuche über Längstheilung des Rückenmarkes in der Medianspalte zeigten, dass eine Fortleitung der Empfindung und Bewegung in jeder einzelnen Rückenmarkshälfte für sich mög-

lich ist. Deutliche Kreuzungswirkungen scheinen im Rückenmark nicht vorzukommen. — Dass pathologische Entartungen eines Rückenmarksstranges, welche die Eintrittsstelle von Nervenwurzeln treffen, Lähmungen der betreffenden Nerven bewirken, versteht sich von selbst; so wird z. B. bei ausgedehnter Zerstörung eines Hinterstranges die Empfindung in einem der Grösse der Degeneration entsprechenden Hautbezirke derselben Körperseite vollständig vernichtet.

Die Leitungserscheinungen, gehörig festgestellt, hätten, abgesehen von ihrem diagnostischen Werth für die praktische Medicin, noch ein ungleich höheres Interesse; sie führen nämlich nicht bloss zur Kenntniss der Localitäten, wo die fraglichen Functionen vor sich gehen, sondern ihre weitere Verfolgung verspricht selbst darüber einige Aufschlüsse, wie dieselben vor sich gehen. Die Thatsache z. B., dass die Leitung zwischen einer bestimmten peripheren Stelle einerseits und (und deren Centralpunkt in) dem Hirn andererseits nicht bloss auf einen Weg beschränkt, zeigt, dass dieselbe Stelle des Rückenmarks der gleichzeitige Durchgangspunkt von vielerlei Erregungen sein kann, und dass man es hier mit Leistungen zu thun hat, die ungleich vielseitiger sind, als die relativ einfachen Längsleitungen im peripheren Nervensystem.

107. Leitungsapparate im Hirn.

Das verlängerte Mark bildet den Uebergang vom Rückenmark zum Gehirn. In ihm treten aber auch neue Fasersysteme auf; die Rückenmarksstränge erfahren dort theilweise Umordnungen, so dass die Wurzeln der daselbst entspringenden Nerven von dem Typus der Rückenmarksnerven abweichen und das verlängerte Mark in seinen verschiedenen Querschnitten, von unten nach aufwärts, keinen konstanten Typus bietet. Auch seiner Entwickelung nach ist das verlängerte Mark als Theil des Gehirnes zu betrachten. In der Darstellung der Faserverläufe im verlängerten Mark und deren Fortsetzungen in das Gehirn weichen die Forscher so sehr von einander ab, dass nur wenige unbestrittene Sätze aufgestellt werden können. Mit Umgehung alles, bei dieser Sachlage physiologisch doch nicht verwerthbaren, Details, mag zur ersten Orientirung, den gangbaren Ansichten gemäss, etwa Folgendes aufgestellt werden:

1) Jeder Hinterstrang des Rückenmarkes setzt sich im verlängerten Mark fort in den strickförmigen Körper seiner Seite und dieser wiederum in die gleichseitige Hemisphäre des Kleinhirns. Die Hauptmasse der strickförmigen Körper stellt freilich keine blossen Fortsetzungen aus dem Rückenmark, sondern neue Faserzüge dar (Stilling). 2) Jeder Vorderstrang des Rückenmarkes geht über in die Olive seiner Seite und diese (durch die Schleife) in die Vierhügel des Hirnes. 3) Die Seitenstränge des Rückenmarkes setzen sich, nach der gewöhnlichen Auffassung, fort in die Pyramiden; sie müssen sich also nach vorn wenden, wobei sie sich zugleich von beiden Seiten her allmälig durchkreuzen. Nach Stilling, dem Schiff mit physiologischen Gründen beipflichtet, würden dagegen die Pyramiden, ihrer Hauptmasse nach, neue Bildungen und keine Fortsetzungen des Rückenmarkes darstellen.

Die Pyramiden setzen sich fort, 1) indem sie die Brücke durchziehen und dort neue Fasern empfangen, in den Fuss der Hirnstiele; diese in die Streifenhügel; 2) durch die Funiculi teretes in die Haube und diese in

die Sehhügel. Von den Streifen- und Sehhügeln aus erfolgen die Ausstrahlungen durch die Hemisphärenmassen des Grosshirnes gegen dessen Rindensubstanz hin.

Kleinhirn, Vierhügel, Sehhügel und Streifenhügel sind demnach die Hauptorgane, in welche die genannten Fortsetzungen des verlängerten Markes übergehen. Die Faserzüge sind freilich sehr viel verwickelter, als obiges Grundschema, das auf das Detail unmöglich eingehen kann, annimmt. Das Corpus striatum z. B. erhält auch Fasern von den Oliven, die sich dem Crus cerebri beimischen; die Haube wird, abgesehen von den Funiculi teretes, zusammengesetzt aus Fasern von der Olive, dem Funiculus lateralis und gracilis der Corp. restiformia, vom Crus cerebelli ad cerebrum und den Brachia corporum quadrigeminorum. Dessgleichen erhalten die zum Kleinhirn gehenden Theile der Corpora restiformia Verstärkungen von der Olive.

108. Reizung von Hirnorganen.

Die vorerst kaum übersteiglichen Schwierigkeiten, welche der detaillirteren anatomischen Erforschung der Faserverläufe im Gehirn entgegentreten, wiederholen sich, wenn das, mit den anatomischen Lehrsätzen nicht selten vorerst unlösbare Widersprüche bietende, physiologische Experiment oder die, häufig genug gar nicht zu interpretirende, pathologische Beobachtung, speciellere Aufschlüsse geben sollen über die, der Willensbewegung und der Empfindung dienenden Leitungsbahnen im Gehirn. Wie beim Rückenmark, so stehen dem Experiment zunächst 2 Methoden zu Gebot: einerseits die direkte Reizung der Einzelorgane des Gehirns, andererseits die Durchschneidung oder vollständige Abtrennung derselben.

Bei unmittelbarer Reizung sind schmerzhaft: Die verschiedenen Kleinhirnschenkel, namentlich die Corpora restiformia (wogegen die übrigen Theile des verlängerten Markes keine Schmerzen auslösen), ferner die Brücke und Grosshirnschenkel. Unempfindlich sind die Hemisphären des Klein- und Grosshirnes, Streifenhügel, Sehhügel und Vierhügel. Bloss die tieferen Schichten der Sehhügel sind empfindlich.

Reizungen der eben erwähnten sensibelen Hirntheile setzen auch Bewegungen und zwar in der Regel in einer grösseren Anzahl von Muskeln. Es ist aber sehr unwahrscheinlich, dass jene Theile mit motorischer Erregbarkeit begabt sind, und die Annahme blosser Reflexbewegungen liegt in diesen Fällen nahe genug. Reizungen der Hemisphären des Grosshirns, der Streifenhügel und des Kleinhirns bewirken keine Zuckungen. Die Vierhügel wirken auf die Iris (380), sind aber nach den meisten Experimentatoren ohne direkten Einfluss auf die Bewegungen der Skeletmuskeln.

109. Durchschneidung von Hirnorganen.

Dieselbe liefert beachtenswerthere Resultate als die Reizungsmethode. Nach Durchschneidung bestimmter Hirnorgane, besonders der Brücke, Grosshirnschenkel, Streifenhügel, Sehhügel und der verschiedenen Kleinhirnschenkel entstehen eigenthümliche einseitige Bewegungsrichtungen, entweder nach gewissen Anregungen sensibeler Nerven, oder wenn die Thiere absichtliche

Bewegungen ausführen wollen. Diese Erscheinungen, früher »Zwangsbewegungen« genannt, wurden von Pourfour du Petit, Magendie, Longet und Schiff untersucht. Nach einseitiger Durchschneidung der Crura cerebelli ad medullam oblongatam z. B., treten Kreisbewegungen auf, wobei das Bewegungscentrum auf der verletzten Seite liegt. Nach Durchschneidung der Crura cerebelli ad pontem oder eines Seitentheils des Pons: schnelles Wälzen des Thieres um seine Längsaxe; es sind auch einige Fälle der Art beim Menschen (namentlich bei Affectionen eines Crus cerebelli ad pontem) bekannt geworden. Entfernt man nach Abtragung der Hirnhemisphären in Kaninchen beide Streifenhügel, so rennen die Thiere, nach Schiff, hastig vorwärts. Ausschneidung der einen Seitenhälfte der Vierhügel setzt im Frosch öfters Kreisbewegungen oder Rotationen um die Längsaxe; Longet will diesen Erfolg von einer Mitverletzung der unterliegenden Hirnschenkel ableiten.

Ueber die Wirkungen der Verletzungen der meisten Theile des verlängerten Markes, insofern sie nämlich der Leitung der Willensbewegungen und Empfindungen dienen, herrschen so ausserordentliche Widersprüche, dass von den Angaben der Experimentatoren hier Umgang genommen werden muss.

In Krankheiten (Blutergüssen, Geschwülsten u. s. w.) des Gehirnes, namentlich wenn dieselben die Hemisphären des Grosshirns, die Streifenhügel, Sehhügel oder Brücke befallen, gehören Lähmungen des Tastsinnes und der willkürlichen Bewegungen zu den gewöhnlichsten, dem Grad und der Ausbreitung nach aber vielfach variirenden, Symptomen. Diese Lähmungen sind halbseitige und zwar betreffen sie die entgegengesetzte Körperhälfte; intensive Erkrankung z. B. der rechten Hirnhemisphäre zieht vollständige motorische und sensibele Lähmung des Stammes und der Gliedmaassen der linken Seite nach sich. Drückt man die Carotis neben dem Kehlkopf, so ist die Blutcirculation der entsprechenden Hirnhälfte vorübergehend gehemmt, sogleich treten Störungen des Getastes, Ameisenkriechen in der Haut des Kopfes und der Extremitäten der anderen Seite auf (Schiff). Es findet also eine vollständige seitliche Kreuzung der motorischen und sensibelen Leitbahnen statt. Die Orte dieser Kreuzungen sind noch nicht vollständig gekannt; die Decussationen der motorischen Fasern erfolgen, den gewöhnlichen Annahmen gemäss, im verlängerten Marke (Pyramiden) und in der Brücke, so dass schon der linke Grosshirnschenkel die motorischen Leitbahnen der rechten Körperhälfte einschliesst. Die Grosshirnschenkel und Brücke stellen die motorischen und sensibelen Leitbahnen zwischen Gehirn und Rückenmark dar. Die Mitbetheiligung der Corpora restiformia, die doch theilweis als Fortsetzungen der hinteren Rückenmarksstränge zu betrachten sind, an der sensibelen Leitung ist strittig. Da beim pathologischen Defect oder der Exstirpation des Kleinhirns die Sensibilität der Haut nicht vernichtet ist (s. 540), so halten Manche das Kleinhirn und die Corp. restiformia für nicht betheiligt bei dieser Leitung; diese Erfahrungen beweisen freilich nur, dass bei der sensibelen Leitung die genannten Bahnen ausfallen können.

Bei Thieren dagegen treten solche vollständige halbseitigen Empfindungs-, namentlich aber Bewegungslähmungen nach Hirnverletzungen nicht auf; die seitliche Kreuzung der, der Motilität und Sensibilität dienenden Leitungsfasern erfolgt also in ihnen weniger vollständig (Schiff).

Die Wirkungen von Verletzungen der Hirnorgane auf das psychische Verhalten s. 616.

F. Reflexerscheinungen.

110. Definition.

Unter nervösen Reflexen versteht man die durch Centralorgane vermittelten Uebertragungen von Erregungen peripherer Nervenfasern auf anderweite periphere Fasern, und zwar die reflectirten Muskelbewegungen, die reflectirten Muskelerschlaffungen und die (313 geschilderten) Mitempfindungen.

Die Reflexbewegungen, bei weitem die wichtigsten der hierher gehörenden Erscheinungen, sind unwillkürliche Bewegungen zufolge von Uebertragung gewisser Erregungen sensibeler Nerven auf motorische, vermittelst eines nervösen Centralorgans (Prochaska, Hall, Joh. Müller). Beispiele dieser, sehr häufigen, Bewegungen sind das Zurückziehen des Armes nach Stechen des Fingers, die Zusammenziehung der Kreisfasern der Iris nach Lichtreiz, das tiefe Einathmen nach Eintauchen einer Hautstrecke in kaltes Wasser, der Husten (Ausathmungsbewegungen) nach Reizungen der Kehlkopfschleimhaut u. s. w.

111. Einzelmomente der Reflexbewegung.

Der Definition zufolge zerfällt der Vorgang in 3 Stadien:

I. Reizung sensibeler Nerven und zwar vorzugsweise an deren Peripherie; weniger wirksam ist die Ansprache des Nerven in dessen Verlauf. Bestimmte Körperstellen, in Erregung versetzt, lösen besonders leicht Reflexbewegungen aus; z. B. von Hautbezirken: Fusssohle, Handteller, Gesicht, After- und Achselgegend; von Schleimhäuten besonders die Orificien von Canälen (Nasenhöhle, Kehlkopf, Conjunctiva). Von vielen Körperstellen aus können keine Reflexbewegungen ausgelöst werden, z. B. von den Muskeln einer enthäuteten Extremität, wohl aber an einer kleinen Hautinsel, die man hier noch übrig gelassen hat.

II. Erregung der Reflexcentren. Das Mittelglied der Reflexbewegung bildet immer ein nervöser Centraltheil, nach dessen Zerstörung der Reflex ausfällt. Als Reflexcentren können dienen: 1) Ganglien des Sympathicus (?). 2) Stellen im Gehirn, z. B. im verlängerten Mark (Reflexe auf die Athemmuskeln) oder in den vorderen Vierhügeln (Pupillenverengung). 3) Das Rückenmark. Es vermittelt die meisten und wegen seiner zahlreichen Nerven auch ausgebreitetsten Reflexe. Selbst Bruchstücke des Rückenmarkes können als taugliche Mittelglieder dienen und zwar: 1) einzelne Stücke, der Quere nach ausgeschnitten (Schlangen und Tritonen eignen sich besonders zu solchen Versuchen); 2) eine Seitenhälfte, bei Längsspaltung des Rückenmarkes

in der Ebene der Medianfissuren. In beiden Fällen muss aber die graue Substanz wenigstens theilweis erhalten sein. 3) Eine Brücke grauer Substanz, nach vollständiger Durchschneidung der weissen Masse, leitet die Reflexion noch, und zwar vom Hintertheil nach vorwärts, wie umgekehrt. Die graue Substanz (resp. deren mehrstrahlige Nervenkörperchen, Wagner) ist somit das wahre reflectirende Organ und zwar im Rückenmark, wie in den übrigen reflectirenden Centraltheilen.

III. Erregung motorischer Nerven. Die dadurch ausgelösten Muskelbewegungen erfolgen etwas langsamer als die Willensbewegungen, offenbar wegen Hemmungen in den reflectirenden Organen.

112. Grade und Formen der Reflexbewegung.

Hier sind von Einfluss: 1) Stärke und Qualität des Reizes; 2) Erregbarkeit der Reflexcentren.

Die Erregbarkeit der Nervencentren ist bedeutend gesteigert in Strychninvergiftungen, so dass z. B. die leisesten Berührungen der Haut starke und allgemeine Reflexkrämpfe auslösen. Das Gift erhöht durchaus nicht die Erregbarkeit der sensibelen und motorischen Nerven selbst, denn nach Durchschneidung motorischer Nerven eines vergifteten Frosches bleiben die resp. Muskeln schlaff, während alle anderen in Krämpfe verfallen.

3) Der Ort des Reizes. Die Muskeln der vom Reiz getroffenen Körperseite sind bevorzugt (Pflüger) und zwar a) gerathen sie oft allein in Zuckungen, oder b) ihre Bewegungen sind, bei beiderseitigen Reflexen, doch stärker und erstrecken sich c) auf eine grössere Zahl von Muskeln, sowie d) auf der anderen Körperhälfte keine Muskeln zucken, welche nicht auch auf der Seite des Reizes thätig sind.

4) Reizungen bestimmter sensibeler Flächen ziehen Reflexe in bestimmten Muskelgruppen nach sich; z. B. der Schleimhaut des Kehlkopfes: Hustenbewegungen; der Conjunctiva: Augenlidschluss.

Im Vergleich zu den primären sensibeln Reizungen sind die ausgelösten Reflexbewegungen sehr stark, d. h. schwache Erregungen weniger sensibeler Fasern lösen verhältnissmässig starke Erregungen vieler motorischer Fasern resp. Muskelgruppen aus.

113. Anderweite Charaktere der Reflexbewegungen.

Viele Reflexbewegungen bieten in hohem Grade den Charakter der Zweckmässigkeit, z. B. die Hustenbewegung nach Reizung der Kehlkopfschleimhaut, der Augenlidschluss nach Reizung der Conjunctiva. Man nimmt an, der specielle reflectirende Centralapparat sei so gebaut, dass Reizung irgend eines Punktes einer sensibelen Fläche mit Nothwendigkeit immer eine grössere Anzahl zusammengehöriger motorischer Fasern zur Auslösung einer einheitlichen Bewegung veranlasst. Dieser Mechanismus bedarf weder des mitwirkenden seelischen Bewusstseins, noch vorhergegangener Muskelübung; er ist von vornherein so eingerichtet, dass er in das Getriebe der Functionen, namentlich der vegetativen,

vollkommen passt und selbst zu deren Schutz wirksam dient. Anders aber verhält es sich, scheinbar wenigstens, bei manchen anderen, namentlich den vegetativen Funktionen nicht angehörenden Reflexbewegungen. Ein geköpfter Frosch, dessen Hinterfuss mit einer Säure berührt wird, macht mit dem andern Hinterfuss hastige Anstrengungen zum Wegwischen der Säure, wobei bestimmte Muskeln verwendet werden. Nach Durchschneidung der Nerven dieser Muskeln werden andere Muskeln in Anspruch genommen (Pflüger). Hat schon das erste, jedenfalls ganz zweckmässig erfolgende, Wegwischen das Ansehen einer gewissen »Ueberlegung«, so ist eine solche Annahme im zweiten Fall scheinbar noch näher gelegt.

Alle diese Bewegungen geschehen aber, und das ist charakteristisch für dieselben, durchaus unwillkürlich. Daraus folgt: 1) Dieselben treten auch ein, ja selbst leichter als gewöhnlich, wenn der Willenseinfluss aufgehoben ist; also nach Abschneiden des Kopfes (namentlich in Kaltblütern), nach Abtragen des Grosshirnes, im Schlaf, in verschiedenen Hirnkrankheiten mit vollkommenem Verlust des Bewusstseins und in Rückenmarkslähmungen. Das unterhalb der erkrankten Stelle liegende Rückenmarkstück wirkt dann noch als reflectirendes Centralorgan; so kann z. B. bei vollständiger Lähmung der Empfindung und Willensbewegung der unteren Gliedmaassen Kitzel der Fusssohle, als Reflex Zuckungen in den Muskeln des Beines auslösen. 2) Der Wille vermag, die Reflexbewegungen zu unterdrücken oder doch deren Stärke herabzusetzen. Wir halten z. B. Kitzel der Haut ruhig aus, während Reflexzuckungen sogleich eintreten, wenn der Kitzel uns unvorbereitet überrascht.

114. Reflexerschlaffungen.

Reizungen sensibeler Nerven können auch zu plötzlichen Erschlaffungen vorher verkürzter Muskeln führen. Beispiele dieser, neben den Reflexbewegungen wenig beachteten, Reflexphänomene sind die Entleerungen, meist grösserer, angesammelter Koth- und Urinmassen, z. B. in Folge von plötzlichen Reizungen der Haut (kaltes Wasser u. s. w.). Diese Entleerungen sind oft genug ausschliessliche Folgen von Erschlaffung der Sphincteren. Ebenso lassen nach unvermutheten sensibelen Eindrücken Spannungen von Skelettmuskeln nach, ohne dass nothwendig die betreffenden Bewegungen von den Antagonisten eingeleitet werden (z. B. Fallenlassen eines zwischen den Fingern gehaltenen Objectes).

115. (Anhang.) Automatische Bewegungen.

Die bisher betrachteten Muskelbewegungen erfolgten auf äussere Reize, welche den Nerven und Muskel anregen. Diese Reize treffen 1) die motorischen Nerven, resp. deren Centralorgane selbst, oder 2) einen sensibelen Nerven, um auf dem Wege des Reflexes Muskelcontractionen einzuleiten. Ohne Anwesenheit solcher äusserer Reize bleibt der Muskel ruhig. Es giebt aber Bewegungen gewisser muskulöser Organe, welche 1) entweder ohne nachweisbare äussere

Reize erfolgen und fortdauern, oder 2) von äusseren Reizen nur insoferne abhängig sind, als die letzteren den einmal vorhandenen Rhythmus der Bewegungen höchstens abändern können. Hieher gehören z. B. die Pulsationen des Herzens, die auch nach Entfernung desselben aus dem Körper und bei möglichster Abhaltung der bekannten Nerven- und Muskelreize noch einige Zeit fortdauern. Solche »scheinbar spontane« Bewegungen werden mit dem Namen der automatischen bezeichnet.

V. Thierische Elektricität.

116. Vorbemerkungen.

Die entfernten Ursachen der Elektricitätsentstehung sind bekanntlich sehr mannigfaltige: Reibung, blosse Berührung ungleichartiger Körper, chemische Processe, Wärme u. s. w. Galvani (1791) schrieb den Muskeln und Nerven das Vermögen der Elektricitätsentwickelung zu, wobei er sich zunächst auf den, aus den Elementarlehren des Galvanismus bekannten, von ihm jedoch nicht richtig gedeuteten, Grundversuch an dem Froschpräparat stützte. Es war erst der neueren Zeit vorbehalten, vor allen Dubois-Reymond, den Nachweis zu liefern, dass die Nerven- und Muskelthätigkeit verbunden ist mit gesetzlichen Veränderungen elektrischer Ströme, die der Nerv und Muskel auch im unthätigen Zustand bietet. Demnach kann kein Zweifel bestehen, dass diese elektrischen Vorgänge beachtenswerthe Begleiter der »Innervation und der Muskelthätigkeit« selbst sind.

Dubois-Reymond suchte die von ihm aufgefundenen Thatsachen auf eine gemeinsame Grundanschauung zurückzuführen; seine Lehrsätze haben jedoch im theoretischen wie thatsächlichen Theil wesentliche Erweiterungen und Berichtigungen durch Valentin, Helmholtz, Moleschott u. A. erfahren. Gleichwohl erscheint es vorerst nicht unangemessen, wenn der Anfänger zur Orientirung in diesem noch so wenig fertigen Gebiet auf die von Dubois aufgestellten Hypothesen über die Anordnung der elektrischen Theilchen der Nerven und Muskeln verwiesen wird.

Die Physik denkt sich bekanntlich die Elektricität in zwei verschiedenen Zuständen: Ruhe und Bewegung (Strömung), welche wir zunächst kurz zu definiren haben.

117. Ruhende Elektricität.

Wird z. B. ein Metallstück in Wasser getaucht, so ist das freie Ende desselben —, das Wasser aber + elektrisch. Zwischen Wasser und Metall besteht daher eine elektrische Differenz, und als Ursache derselben sieht man die zwischen ihnen thätige elektromotorische Kraft an. Beide Elektricitäten des Wassers und des Metalls zeigen ausserdem eine, nach Umständen verschiedene Dichte (Spannung). Letztere ist stärker, wenn z. B. Zink, schwächer, wenn Platin eingetaucht wird. Senkt man zwei Metalle ein, so bestimmt der stärkere Elektromotor die Elektricitätsvertheilung; das freie Zinkende, Figur 5,

ist — (Minuspol), das Platinende + elektrisch (Pluspol). Diese Anordnung heisst »einfache offene Kette«. Die Verbindung mehrerer oder vieler einfachen Ketten stellt die »zusammengesetzte offene Kette dar, an deren beiden Polen die elektrische Spannung viel grösser ist.

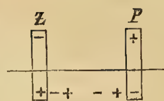


Fig. 5.

118. Strömende Elektricität.

Verbindet man die beiden Pole der Kette durch einen Elektricitätsleiter, z. B. einen Metalldraht *m* (Figur 6), so erhält man eine sogenannte geschlossene Kette. Die elektrische Differenz von *Z* und *P* gleicht sich durch den Leiter *m* aus. Dieser Ausgleichung folgt aber sogleich eine Wiederherstelluug der elektrischen Spannung durch die stetig wirkende elektromotorische Kraft. Beide Zustände wechseln beständig aufs Schnellste mit einander ab und man bezeichnet den Vorgang als »constanten elektrischen Strom». Derselbe besteht so lange, als die Kette, durch Draht *m*, geschlossen bleibt; während seiner Dauer vermag er mannigfache Wirkungen auszuüben, z. B. bekanntlich chemische Zersetzungen (Elektrolyse). Es geht, Figur 6, in der Richtung des Pfeiles ein positiver Strom vom Platin durch *m* zum Zink und von diesem durch die Flüssigkeit *F* zum Platin; umgekehrt gerichtet ist der negative Strom. Unter Strom schlechthin versteht man immer den positiven. Als Stromstärke bezeichnet man die »Elektricitätsmenge« (wir nehmen der Einfachheit wegen geradezu an, es handle sich um strömende Flüssigkeitsmassen), die durch durch den Schliessungsbogen *m* in der Zeiteinheit durchgeht. Die Stromstärke (und damit auch die Wirkungen des Stromes, z. B. die Elektrolyse) wächst 1) mit Zunahme der elektromotorischen Kraft, (z. B. in einer zusammengesetzten Kette) und 2) mit Abnahme der Leitungswiderstände im Schliessungsdraht und in der Flüssigkeit. Je kürzer und dicker der Schliessungsdraht und je besser die Substanz desselben die Elektricität leitet, je grösser ferner der Querschnitt der Flüssigkeit, durch die der Strom sich bewegt, desto geringer sind die Leitungswiderstände. Die Metalle sind bekanntlich die besten Leiter, unendlich bessere, als z. B. Wasser, oder die, letzterem ziemlich nahe stehenden, feuchten thierischen Theile.

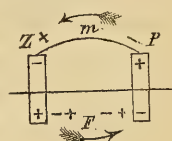


Fig. 6.

119. Galvanometer.

Dasselbe dient zur Nachweisung elektrischer Ströme und besteht in einer zwischen wohl isolirten Windungen eines Kupferdrahtes aufgehängten Magnetnadel. Ein elektrischer Strom, der durch einen Metalldraht geht, lenkt eine Magnetnadel, die ober oder unter dem Draht hängt, ab. Die Ablenkung nimmt zu mit zunehmender Stromstärke und der rechte Winkel ist die Grenze dieser Ablenkung. Das Galvanometer dient also zur Messung der relativen **Stärke**, ausserdem aber noch zur Bestimmung der **Richtung** des Stromes. Als einfache

Gedächtnissregel (mit Umgehung aller, ohnediess nur hypothetisch möglichen Erklärungen) halte man fest: man schwimme im + Strom, den Kopf voran und das Gesicht der Nadel zugewendet, dann wird immer der Nordpol der Magnetnadel nach der linken Seite des Schwimmers abgelenkt. Der in der Richtung der Pfeile (Fig. 7) durch den Draht geschickte Strom) wird demnach die in der Papierebene liegende Nadel *sn* so ablenken, dass deren Nordpol *n* hinter diese Ebene zu stehen kommt. Die zwei entgegengesetzten Stromrichtungen in den beiden Drahtschenkeln verstärken, dem Gesagten zufolge, die Wirkung des Stromes auf die Nadel. Letztere ist aber unter dem Einfluss des Erdmagnetismus, also mit einem Pol nach Nord, dem andern nach Süd gerichtet; schwache Ströme bewirken daher keine genügend grosse Ablenkung der Nadel. Zur Verstärkung benutzt man zwei Mittel: 1) der Draht erhält viele Windungen um die Nadel; letztere ist also gewissermaassen ebenso vielen Einzelströmen ausgesetzt; 2) die sogenannte astatische Vorrichtung, bestehend in einer Verbindung zweier möglichst gleich starker Nadeln. Der Nordpol der einen liegt über dem Südpol der anderen (Figur 8). Beide Nadeln werden durch ein Zwischenstück verbunden. Das Nadelpaar nimmt nunmehr keine bestimmte Richtung an und kann demnach durch ausserordentlich schwache Ströme abgelenkt werden. In Figur 8 wirkt der zwischen den Nadeln durchgehende Strom auf beide Nadeln in gleichem Sinne ablenkend (nämlich Nordpol der oberen und Südpol der unteren Nadel vor die Papierebene). Der unten zurückkehrende Strom wirkt in gleichem Sinne auf die untere Nadel; die entgegengesetzte Wirkung desselben auf die obere Nadel kommt, wegen ihres grösseren Abstandes, nicht in Betracht

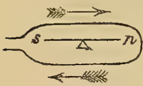


Fig. 7.

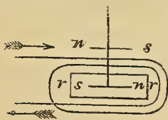


Fig. 8.

Der Draht ist um ein Rämchen *rr* (Fig. 8) gewunden; zu physiologischen Untersuchungen sind, wegen der Schwäche der betreffenden Ströme mehrere tausend Windungen nöthig. Zur Isolation der Ströme der Einzelwindungen ist der sehr feine Draht mit Seide umsponnen. Das senkrechte Verbindungsstück beider Nadeln liegt in einem Schlitz des Rähmchens. Die untere Nadel spielt, wie die Figur zeigt, innerhalb des Rähmchens, die obere über den Windungen und bewegt sich über einer Kreiseintheilung (Figur 8); sie steht auf dem Nullpunkt, wenn entweder kein Strom durch den Draht geht, oder 2 entgegengesetzt gerichtete aber gleichstarke Ströme. Dagegen bewegt sich die Nadel nach der einen oder anderen Seite aus ihrer 0 Lage, je nachdem der Strom die eine oder die andere Richtung hat.

In W. Weber's Galvanometer wird die richtende Wirkung des Erdmagnetismus auf die, wiederum zwischen Drahtwindungen hängende einfache Galvanometernadel mittelst eines passend gelagerten Correctionsmagneten beseitigt. Steht nämlich der N-Pol des letzteren über dem N-Pol der Galvanometernadel, so dreht sich diese um 180°. Diese Drehung wird aber um so geringer, je mehr beide Magnete von einander abstehen. Bei einem passenden Abstand hat die Galvanometernadel gerade noch ein Minimum ihrer ursprünglichen Directionskraft, sodass sie selbst durch die allerschwächsten Ströme abgelenkt und dadurch in hohem Grade freibeweglich gemacht werden kann. Meissner empfiehlt den Apparat auch zu physiologischen Versuchen.

120. Nachweisung der physiologischen Ströme.

Man gebraucht dazu folgende Vorrichtung Dubois-Reymond's. Jedes Ende des Galvanometerdrahtes *d*, Figur 9, ist vermittelst eines metallischen

Zwischenträgers *m*, der durch den Glasstab *g* gehörig isolirt ist, verbunden mit einer amalgamirten Zinkplatte *p*. Diese taucht in ein Gefäss (»Zuleitungsgefäss»), welches Zinkvitriollösung enthält. Ein Bausch *b* von Filtrirpapier, der mit dieser Lösung imbibirt ist, ragt über den Rand des Gefässes hervor. Beide Bäusche werden verbunden durch einen ebenfalls feuchten Schliessungsbausch *s*; der Galvanometerkreis ist jetzt geschlossen, die Nadel *ns* in ihrer Gleichgewichtslage und steht auf Null. Bringt man an die Stelle des Schliessungsbausches einen Elektromotor, z. B. einen Muskel, so weicht die Nadel ab, und giebt zugleich, je nachdem die Abweichung in den rechten oder linken Quadranten erfolgt, die Richtung des Stromes in dem zwischen den Bäuschen liegenden Muskel an.

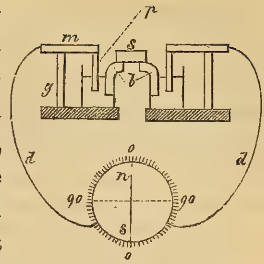


Fig. 9.

121. Ströme im unthätigen Nerven und Muskel.

Der erschlaffte Muskel und die Nerven in dem Zustand, wo sie weder Empfindung noch Bewegung vermitteln, zeigen an bestimmten Stellen elektrische Gegensätze (Matteucci, Dubois-Reymond). Wird desshalb ein Muskel oder Nerv in den Galvanometerkreis eingefügt, so weicht die Nadel ab, indem ein Strom: der sog. ruhende Nerven- oder Muskelstrom, den Galvanometer durchfliesst. Dubois unterscheidet: 1) Relative starke Ablenkungen. Der Muskel wird auf einen Bausch mit dem Querschnitt, auf den anderen Bausch mit einer Stelle seiner Oberfläche gelegt, Figur 10, dann geht der Strom von der Oberfläche durch das Galvanometer *g* zum Muskelquerschnitt, also im Muskel selbst vom Querschnitt zur Oberfläche. Es ist demnach jedwede Stelle der Oberfläche + elektrisch gegenüber jedweder Stelle des Querschnittes. 2) Schwächere Ablenkungen: a) An der Oberfläche ist eine dem Mittelpunkt nähere Stelle + elektrisch gegenüber einer vom Mittelpunkt entfernteren Stelle, Fig. 11. b) Am Querschnitt ist eine periphere Stelle + elektrisch gegenüber einer centraleren Stelle. 3) Keine Nadelabweichungen: a) Man legt den Muskel auf die Bäusche mit zwei Stellen seiner Oberfläche, die von der Mitte des Muskels gleichweit abstehen, Figur 12. b) Man bringt zwei Stellen des Querschnittes in den Galvanometerkreis, die gleichweit abstehen von der Mitte des Querschnittes.



Fig. 10.



Fig. 11.


Fig. 12.

Aehnliche, jedoch schwächere Ströme zeigen die Nerven. Schneidet man aus einem Muskel oder aus dem Hirn ein längliches Stück aus, gleichgültig in welcher Richtung, immer ist die Oberfläche positiv, der Querschnitt negativ. Die Ströme der einzelnen Muskeln und Nerven setzen den schon von Nobili wahrgenommenen, sog. Gesammtstrom zusammen

Dieser geht im Frosch von den Extremitätenspitzen gegen den Rumpf, im Rumpf vom After gegen den Kopf. In Säugethieren ist die Richtung umgekehrt. In Muskeln und Nerven, deren Reizbarkeit bereits erloschen ist, sowie in Nerven, deren Markinhalt in Folge von Durchschneidung entartete, dauern übrigens nach Valentin die Ströme, wenn auch schwächer, noch fort.

Die enthäutete Extremität von Amputirten oder Enthaupteten zeigt einen starken Strom vom Rumpf gegen die Extremitätenspitze. Die Muskeln, oder das Rückenmark, des Menschen und der Säuger geben starke Nadelausschläge; gewöhnlich bedient man sich zu solchen Versuchen des Frosches, dessen Reizbarkeit viel länger anhält.

Die meisten übrigen Theile bieten keine oder nur geringe elektromotorische Kräfte. Bringt man übrigens ausgeschnittene Stücke Froschhaut in den Galvanometerkreis, so weicht die Nadel beträchtlich ab und zwar ist die Hautoberfläche —, der Querschnitt + elektrisch (Budge).

122. Physikalisches Schema dieser Ströme.

Keine Hypothese vermag bis jetzt über sämmtliche Thatsachen des vorigen § Rechenschaft zu geben. Senkt man, um von der einfachsten der von Dubois untersuchten Anordnungen auszugehen, einen Zinkcylinder, der mit zwei kupfernen Grundflächen versehen ist, in Wasser, so gehen unendlich viele Einzelströme vom Zink durch das Wasser zum Kupfer. Taucht man die beiden Enden des Galvanometerdrahtes in das Wasser, so kann man durch das Galvanometer einen Theil dieser Ströme ableiten, und zwar ist dann unter allen Umständen jeder Punkt der Zinkoberfläche positiv, gegenüber jedwedem Punkt des Kupferquerschnittes. Ferner schickt, Figur 13, jeder Punkt des Aequators *o*, Ströme zu den beiden Kupferflächen, also in entgegengesetzten Richtungen, aber von gleichen Spannungen. Dasselbe geschieht von jedem Punkte der, von beiden Seiten des Aequators gleichweit abstehenden, Kreise *a* und *a'* oder *b* und *b'* u. s. w. Leitet man desshalb z. B. von *b* und *b'* Ströme ab durch das Galvanometer, so sind diese gleich stark, aber von entgegengesetzten Richtungen, die Nadel bleibt also ruhig. Die fehlenden Nadelablenkungen (Nr. 3 des vorigen §) lassen sich somit durch die Annahme erklären, dass die elektrischen Spannungen gleich sind an zwei Punkten der Oberfläche des Präparates, die von dem Aequator gleich weit abstehen. Die »schwächeren Ablenkungen» (Nr. 2. § 121) lassen sich dagegen durch obiges Schema nicht erklären.



Fig. 13.

123. Elektrotonus.

Legt man, Figur 14, die eine Hälfte eines Nerven auf die Bäusche, und zwar einerseits mit dem Quer- und andererseits mit dem Längsschnitt, so zeigt das Galvanometer den ruhenden Nervenstrom in der Richtung des Pfeiles *a*. Durch die Strecke *B* des, nicht im Galvanometerkreis liegenden Nervenstückes wird nunmehr ein konstanter Strom (der »erregender» heissen

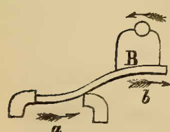


Fig. 14.

mag) in der Richtung des Pfeiles *b* geleitet. Die Ablenkung der Galvanometernadel nimmt jetzt zu, der ruhende Nervenstrom wird scheinbar verstärkt. Hat aber, Figur 15, der erregende Strom *b* eine, dem ruhenden Nervenstrom *a* entgegengesetzte Richtung, so nimmt die Nadelabweichung ab, der ruhende Nervenstrom wird scheinbar geschwächt.

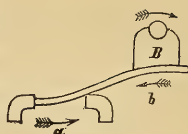


Fig. 15.

Zunächst ist der elektrische Zustand der vom erregenden Strom durchflossenen Nervenstrecke *B* verändert. Die stärkere Ablenkung der Nadel im ersten, oder der Rückgang der Nadel im zweiten Fall, beweisen aber, dass der ganze Nerv eine Veränderung seines elektrischen Verhaltens erfährt. Legt man den Nerven, Figur 16, mit zwei vom Mittelpunkt gleichweit entfernten Stellen des Längsschnittes auf die Bäusche, so erfolgt, nach Früherem, keine Nadelablenkung, da die von den zwei Punkten des Nerven ausgeschickten gleichstarken, aber entgegengesetzt gerichteten Ströme sich ausgleichen. Wird nunmehr ein erregender Strom durch *B* geleitet, so zeigt die Nadel eine Ablenkung im Sinne des erregenden Stromes *b*. Offenbar also erhält der ganze Nerv und nicht bloss das vom erregenden Strom unmittelbar durchflossene Stück des letzteren, eine eigenthümliche elektrische Anordnung, die sich am Galvanometer verräth durch einen Strom, der dem erregenden Strom gleichgerichtet ist. Dubois nennt diesen Zustand des Nerven: Elektrotonus. Derselbe dauert so lange als der erregende Strom, er hört auf im todten Nerven und fehlt dem Muskel.

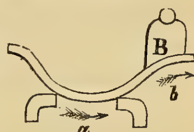


Fig. 16.

124. Theoretische Betrachtungen.

Der Elektrotonus bietet dem Anfänger am ehesten Anknüpfungspunkte zu weiteren freilich ganz hypothetischen Vorstellungen über die Anordnung der elektrischen Theilchen des Nerven. Die Erscheinung versinnlicht Dubois, indem er annimmt, die fictiven elektrischen Molekeln seien im Elektrotonus angeordnet nach dem Schema der Voltasäule. Er stellt sich vor, jede Nerven- uud Muskelfaser bestehe aus einer unendlichen Zahl einzelner, aus einer + und einer — Hälfte zusammengesetzten, Elektromotoren von beliebiger Kleinheit, welche eingebettet wären in eine Zwischensubstanz, die mit keinen elektromotorischen Kräften, sondern bloss mit Leitungsvermögen für die Elektricität begabt wäre. Die vom erregenden Strom durchzogenen Nervenmolekeln würden im Elektrotonus so angeordnet, dass sich der + Elektrode der — Pol des Molekels *a*, Figur 17, zuwendet, während der + Pol von *a* dem — Pol des Molekels *b* gegenübersteht u. s. w.; also wird auch der — Elektrode der + Pol von *f* zugewandt sein; mit einem Wort, das vom erregenden Strom durchzogene Nervenstück *A* zeigt

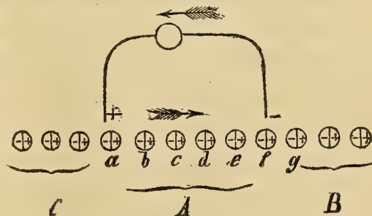


Fig. 17.

die bekannte Anordnung der Elektromotoren der Voltasäule. Diese Anordnung selbst setzt sich aber auch in die Nervenstücke *B* und *C* fort, doch so, dass die dem Elektrotonus entsprechenden Nadelausschläge schwächer werden, je weiter die vom erregenden Strom durchzogene Nervenstrecke entfernt liegt von dem im Galvanometerkreis befindlichen Nervenstück. Letztere Erscheinung führt zur Annahme, dass die Molekeln *a* und *f* die nächsten, vom erregenden Strom nicht durchzogenen Molekeln genau richten und diese wiederum ihre Nachbarn u. s. w., d. h. der — Pol von *g* steht dem + Pol von *f* gegenüber u. s. w., wogegen die ungleichnamigen Pole der entfernteren Molekeln nicht vollkommen genau einander gegenüberlägen. Die elektrischen Molekeln wären demnach beweglich, drehbar. Die Einzelstrecken eines elektronisirten Nerven bieten übrigens gewisse functionelle Unterschiede, welche sich aus diesem Schema nicht ableiten lassen.

Die Erscheinungen des ruhenden Nervenstromes verlangen selbstverständlich eine andere Anordnung der elektrischen Molekeln als der Elektrotonus. Ein Theil dieser Erscheinungen wird erklärt durch die Annahme, der Nerv und Muskel bestehe aus unendlich vielen, dem Kupfer-Zinkschema von 122 analogen, Elektromotoren. Dieselbe würden in eine Zwischensubstanz von den oben angenommenen Eigenschaften eingebettet sein, d. h. diese Substanz würde von der + Oberfläche jedes Elektromotors zu den beiden — Flächen Ströme leiten, nach dem Schema der Figur 18. Die Verhältnisse bleiben sich gleich, wenn man jeden der Elektromotoren der Figur 18 in zwei spaltet, d. h. in Doppelmolekeln, deren + Pole einander zugekehrt wären. Vergleicht man letztere Anordnung mit dem Schema des Elektrotonus, so würde beim Uebergang aus der Ruhe in den Elektrotonus jeder andere der Elektromotoren, *a, c, e* u. s. w. Figur 17, eine Drehung um 180° erleiden.

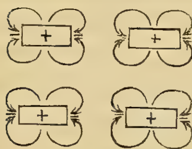


Fig. 18.

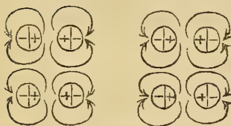


Fig. 19.

Nach Fig. 18 würden die Muskeln und Nerven geschlossene Ketten darstellen; verbindet man 2 Punkte des Muskels oder Nerven durch die zwei Enden des Galvanometerdrahtes, so erhält man eine Nebenschliessung, d. h. einen, durch das Galvanometer ziehenden a b g e z w e i g t e n Strom, keineswegs aber einen Ausdruck der Stärke der im Nerven oder Muskel selbst entwickelten Ströme.

125. Ströme in den thätigen Nerven und Muskeln.

Die Thätigkeiten der Nerven und Muskeln, d. h. die gewöhnlichen, Bewegung oder Empfindung bedingenden Vorgänge in den Nerven und die Verkürzungen oder die activen Spannungen der Muskeln, sind begleitet von einer, vom Elektrotonus verschiedenen, Veränderung des sogenannten ruhenden Nerven- und Muskelstromes. Präparirt man einen Nerven sammt zugehörigem Muskel aus und bringt letzteren auf die Bäusche in den Galvanometerkreis, so weicht die Nadel ab im Sinne des ruhenden Muskelstromes. Man reizt hierauf den ausserhalb des Galvanometerkreises befindlichen Nerven, so dass der Muskel in anhaltende Zu-

sammenziehung (Tetanus) kommt. Die Veränderung des elektrischen Zustandes des Muskels gibt sich nunmehr, nach Dubois, am Galvanometer kund durch einen bedeutenden Rückgang der Nadel (sog. negative Stromschwankung), also eine scheinbare Schwächung des Muskelstromes. Dasselbe ereignet sich, wenn man die eine Hälfte eines Nerven in den Galvanometerkreis einführt und die andere, ausserhalb dieses Kreises liegende Nervenstrecke in passender Weise erregt, z. B. durch die Schläge der Inductionsmaschine.

Um diese Erscheinung zu erklären, stellt sich Dubois vor: während der Thätigkeit wechseln beständig zwei elektrische Ströme in entgegengesetzten Richtungen, also einmal vom Querschnitt zur Oberfläche und das nächste Mal von der Oberfläche zum Querschnitt, mit anderen Worten: die kleinen fictiven Elektromotoren wären in beständigen Rotationen begriffen. Letztere geschehen aber so schnell, dass die Galvanometernadel nicht nachfolgen kann; sie giebt bloss die mittlere Wirkung an und diese Resultirende ist eben eine scheinbare Abnahme des Nervenstroms. Bemerkenswerth ist, dass diese molekuläre Bewegung im Nerven von der Reizstelle aus nach beiden Richtungen fortgepflanzt wird.

Die negative Stromschwankung ist übrigens kein durchgreifender Begleiter der Nerventhätigkeit; möglichst wenig beeinträchtigte frische Nerven, durch die Schläge der Inductionsmaschine erregt, bieten nach Moleschott die sogen. positive Schwankung als Ausdruck einer Verstärkung des ruhenden Nervenstroms. Dasselbe kann auch in minder reizbaren Nerven eintreten, wenn diese vorübergehend in Elektrotonus versetzt wurden.

Schliesst man den Galvanometerkreis, indem man in die Zuleitungsgefässe je einen Finger einer Hand eintaucht, so zeigt sich kein merklicher Strom. Die vom Rumpf gegen die Fingerspitze verlaufenden Ströme (123) beider Extremitäten gehen nämlich in entgegengesetzten Richtungen durch das Galvanometer; die Nadel bleibt desshalb ruhig. Spannt man nun willkürlich die Muskeln des einen Armes, so entsteht ein Strom, der in diesem Arm gerichtet ist vom Finger gegen die Schulter (Dubois).

Legt man einen Muskel unverrückbar auf die Bäusche (am besten mit Querschnitt und Oberfläche), so erfährt nach Meissner der ruhende Muskelstrom eine Abnahme, während der Muskel in der Richtung seiner Fasern zusammengedrückt wird, dagegen eine Zunahme, wenn derselbe gedehnt wird. Zu starke Dehnungen vermindern übrigens den Strom wieder. Der nicht mehr reizbare Muskel bietet dieselben Erscheinungen.

126. Anelektrotonus und Katelektrotonus.

Der durch den konstanten Strom in Elektrotonus versetzte Nerv erfährt ausser den in 123 betrachteten Gleichgewichtsstörungen seines elektrischen Zustandes, bemerkenswerthe Aenderungen seiner physiologischen Eigenschaften. Vor allem ist die Erregbarkeit des Nerven wesentlich modificirt (Valentin). Das allgemeine Gesetz stellte erst Pflüger auf: Die vor dem Strom befindliche Nervenstrecke (*b* Figur 20) zeigt eine Erhöhung, die hinter dem Strom gelegene (*c*) eine Minderung der Erregbarkeit. Beide entgegengesetzte Veränderungen der Erregbarkeit verbreiten sich (nach auf- resp. abwärts) eine gewisse Strecke des Nerven entlang,

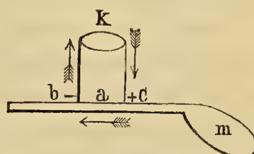


Fig. 20.

jenseits welcher die Erregbarkeit normal ist. Die Ausbreitung und Stärke des Elektrotonus sind um so grösser, je länger die vom konstanten (erregenden) Strom durchflossene Nervenstrecke (*a* Fig. 20) und je kräftiger dieser Strom selbst ist (wobei jedoch gewisse Stromstärken nicht überschritten werden dürfen). Aber auch in der, dem Strom zunächst ausgesetzten Nervenstrecke (*a*) ist die Erregbarkeit verändert, und zwar erhöht in der an *b* grenzenden, gemindert in der an *c* anstossenden Zone. Beide Zonen sind somit geschieden durch einen Indifferenzpunkt, wo die Erregbarkeit nicht alterirt ist. Ist der erregende Strom sehr schwach, so zeigt fast die ganze Strecke *a* erhöhte Erregbarkeit, während ein starker erregender Strom beinahe in der gesammten Strecke *a* die Erregbarkeit herabsetzt, d. h. der Indifferenzpunkt rückt alsdann mit wachsender Stärke des erregenden Stroms immer mehr gegen den — Pol. Pflüger nennt den elektrotonischen Zustand des Nerven am + Pol (der Anode) Anelektrotonus, am — Pol (der Kathode) Katelektrotonus. Die anelektrotonisirte Nervenstrecke zeigt somit eine Minderung, die katelektrotonisirte eine Erhöhung der Erregbarkeit.

Als Ausdruck der Erregbarkeit des elektro-tonisirten Nerven benützt man die Zuckungsgrösse des Muskels. Zur Nervenerregung dienten Pflüger chemische Reize oder elektrische Schläge. Zur Erläuterung des Gesagten genügen folgende Beispiele: 1) Durch *a* (Fig. 20) gehe der Strom der Kette *k* aufsteigend (d. h. von einer peripheren Stelle gegen eine centralere); reizt man eine Stelle von *b*, so zuckt der Muskel *m* stärker als gewöhnlich, während die Erregung von *c*, obschon diese dem Muskel näher liegt, nur schwache oder gar keine Zuckungen auslöst. 2) Bringt man etwas Kochsalzlösung auf *c*, so geräth der Muskel in Tetanus; schickt man dann durch *a* einen aufsteigenden Strom, so verschwindet der Tetanus sogleich. 3) Reizt man eine Stelle von *a* möglichst schwach, so entsteht nur eine geringe, ja selbst gar keine Zuckung; derselbe Reiz aber bewirkt eine relativ starke Zuckung, sobald durch *a* ein schwacher Strom (auf- oder absteigend) geleitet wird und zwar ist *a* (fast in der ganzen Länge) im Zustand erhöhter Reizbarkeit u. s. w.

Ausserdem erfährt der elektrotonisirte Nerve nach Bezold eine Verzögerung der Fortpflanzung der Nervenerregung. Verhältnissmässig gering ist die Verzögerung in der vom Strom selbst durchflossenen Strecke, *a* Fig. 20; am grössten dagegen in den, den Polen, namentlich dem positiven, zunächst gelegenen Parthien, von wo aus sie nach aufwärts und abwärts (in der Strecke *b* und *c* Fig. 20) wiederum continuirlich abnimmt.

127. Entstehen und Verschwinden des Elektrotonus.

Schickt man einen konstanten Strom durch einen motorischen Nerven (oder Muskel), so erfolgt 1) Zuckung des Muskels beim Einbrechen des Stromes (Schluss der Kette); 2) vollkommene Ruhe des Muskels während des Bestehens des Stromes (fast in allen Fällen), gleichgültig, ob der Strom stark oder schwach ist; 3) Zuckung beim Aufhören des Stromes (Oeffnen der Kette). Mit anderen Worten: nicht auf das Bestehen, sondern nur auf das Erscheinen und Verschwinden des Elektrotonus reagirt der Muskel mit einer Zuckung.

Der constante Strom bedingt in sensibelen Nerven Empfindungen nicht bloss beim Einbrechen und Aufhören, sondern die Empfindung hält an, wenn auch in schwächerem Grade (im Gegensatz zu der eben erwähnten Muskelruhe), während

des Bestehens des Stromes. Wirkt der constante Strom auf den Sehnerv oder die Hautnerven, so hat man continuirliche Farbenempfindungen, resp. anhaltendes Prickeln, Schmerzen u. dgl. in der Haut.

Schon Pfaff hatte gefunden, dass die Richtung des konstanten Stromes auf die Grösse der Zuckung von Einfluss ist; der absteigende Strom nämlich begünstigt die Schliessungszuckung, der aufsteigende Strom dagegen die Oeffnungszuckung. Die Widersprüche auch der neuern Forscher bezüglich dieser Frage, Valentin, Heidenhain, Bezold, Wundt u. A., sind noch immer sehr gross. Ausser der Richtung ist zugleich die Stärke der Ströme von Einfluss. Pflüger formulirt für frische Nervenmuskelpräparate die Erscheinungen folgendermassen:

Stromstärke.	Aufsteigender Strom.		Absteigender Strom.	
schwache	Schluss:	Zuckung.	Schluss:	Zuckung.
	Oeffnung:	Ruhe.	Oeffnung:	Ruhe.
mittlere	Schluss:	Zuckung.	Schluss:	Zuckung.
	Oeffnung:	Zuckung.	Oeffnung:	Zuckung.
starke	Schluss:	Ruhe.	Schluss:	Zuckung.
	Oeffnung:	Zuckung.	Oeffnung:	Ruhe.

Die von Pfaff ausgesprochene Norm bedeutet nach Pflüger nichts anderes als: 1) das Entstehen, nicht aber das Verschwinden des Katelektrotonus und 2) das Verschwinden, nicht aber das Entstehen des Anelektrotonus wirken reizend auf den Nerven. Nimmt man nun weiter mit Pflüger an, dass das, in einem nicht zu schwachen Anelektrotonus befindliche Nervenstück die Fortleitung der Reizung hindert oder selbst ganz hemmt, so wird erklärlich, warum beim Schluss des aufsteigenden Stromes der in der obern Nervenstrecke entstehende Katelektrotonus seine reizende Wirkung nicht oder nur theilweis geltend machen kann, d. h. warum bei einem stärkeren aufsteigenden Strom die Schliessungszuckung fehlt oder doch wenigstens geringer ist als die Oeffnungszuckung.

Schaltet man in die den Nerven durchziehende Strombahn eine Nebenschliessung ein, z. B. einen kurzen und dicken metallischen Drahtbogen, so ist der Stromtheil, der durch den relativ schlecht leitenden Nerven geht, = 0. Mit wachsender Länge und Feinheit des Drahtes wird aber der den Nerven durchziehende Stromtheil grösser. Der Rheochord der Physiker gestattet, solche metallische Nebenschliessungen von beliebig und schnell zu variirender Länge in die Strombahn einzuführen und somit die Intensität des zum thierischen Reizversuch dienenden Stromes schnellstens und in messbarer Weise zu variiren.

Die obigen Normen gelten zunächst für das übliche Nervenmuskel-Präparat, dessen Herstellung eine Minderung der Reizbarkeit der betreffenden Theile zur unvermeidlichen Folge hat. Am Nerven des lebenden Thieres erhielt Valentin immer nur Schliessungszuckungen, der Strom mochte auf- oder absteigen. Nur bei grösseren Stromstärken stellt sich auch die Oeffnungszuckung ein.

Um dieses zu zeigen, spannt Valentin den Frosch mittelst Schnüren an den 4 Extremitäten auf und sticht 2 Elektrodennadeln in einen Oberschenkel. Der Strom (einer schwachen Kette) geht also durch die Muskeln des Oberschenkels, welche zucken und den N. ischiadicus, welcher die Muskeln des Unterschenkels und Fusses anregt.

128. Stromprüfende Muskeln.

Die Nerven und Muskeln können, wegen ihrer grossen Empfindlichkeit für Elektricität, zur Ermittelung von Strömen von ausserordentlicher Schwäche benützt werden. Der präparirte Froschschenkel kann demnach ebenfalls dienen, um thierisch-elektrische Ströme nachzuweisen. Hierher gehört z. B. die

sogenannte inducirte Zuckung Matteucci's. Man präparirt von einem sehr reizbaren Frosch den Wadenmuskel *a* sammt dessen Nerven aus und legt letzteren mit einer Stelle auf die Oberfläche, mit einer anderen auf den Querschnitt eines Muskels *b*. Es geht somit durch das aufgelegte Nervenstück der ruhende Muskelstrom von *b*. Wird nun *b* in Tetanus versetzt, so geräth Muskel *a* in denselben Zustand.

129. Elektrische Fische.

Zu den merkwürdigsten Erscheinungen der Thierwelt gehören die elektrischen Entladungen, die einigen Fischen möglich sind: den Zitterrochen (Mittelmeer), dem Zitterwels (afrikanische Flüsse) und Zitteraal (Flüsse und Landseen Südamerika's). Mit diesen Entladungen betäuben oder tödten sie Thiere, welche sie zur Beute haben wollen; der Zitteraal kann selbst Pferde tödten. Zu den Entladungen dienen eigene, sehr nervenreiche Organe. Das elektrische Organ der europäischen Zitterrochen liegt zu beiden Seiten des Kopfes und vorderen Rumpfes; es besteht aus vielen hunderten, durch fibröse Scheidewände von einander abgegrenzten, von oben (Rückenseite) nach unten senkrecht gestellten Säulchen, die durch horizontale Plättchen in zahlreiche Fächer getheilt sind. Jedes Fach enthält etwas Flüssigkeit.

Walsh zeigte, dass die Schläge dieser Fische den gewöhnlichen elektrischen Entladungen vollkommen gleichen. Im Moment der Entladung ist die Rückenseite des Rochen +, die Bauchseite — elektrisch. Das elektrische Organ dieses Thieres erhält sehr starke Nervenzweige vom Trigeminus; nach Durchschneidung des Nerven hören die Schläge auf (Todd), doch sind Entladungen möglich auch am ausgeschnittenen Organ nach Reizung des Nerven (Matteucci). Die Centralorgane der elektrischen Nerven sind beim Rochen im Gehirn: die Lobi electrici; im Aal und Wels dagegen im Rückenmark. Die Schläge sind nur von sehr kurzer Dauer, sie können sich aber unter Umständen sehr schnell wiederholen; sie sind willkürlich (doch nimmt das Entladungsvermögen nach und nach ab) oder unwillkürlich (reflectorisch) nach vorheriger Reizung sensibeler Nerven. Strychninvergiftung begünstigt die Reflexschläge in hohem Grade. Wird der Nerv des elektrischen Organes durch die Schläge der Inductionsmaschine »tetanisirt«, so entladet sich nach Dubois-Reymond das Organ mittelst schnellstens auf einander folgender Schläge. Die Elektricitätsquelle liegt im Nervensystem dieser Thiere; die stärksten Entladungen treten im Rochen nach Matteucci ein bei Berührung der Lobi electrici selbst.

VI. Allgemeine Mechanik der Skeletbewegungen.

130. Bestandtheile der Gelenke.

Die Bewegungen der Knochen werden ermöglicht durch die eigenthümlichen Verbindungsweisen derselben unter sich: die Gelenkapparate. Von den nicht durch eigentliche Gelenke vermittelten Knochenverbindungen sehen wir hier ab. Am Gelenk unterscheidet man zunächst die Gelenkflächen, d. h. die mit Knorpel überzogenen freien Enden der Knochen. Dieselbe dienen als resistente, die Gewalt der Stösse mindernde Polster, während ihre Glätte in hohem Grade das Hin- und Hergleiten der Gelenkflächen begünstigt. Neben den Gelenkflächen entspringt die Kapsel, welche die Gelenkhöhle nach Aussen abschliesst. Ausserdem erhält die Kapsel Ligamente, welche als Verstärkungsmassen das Gelenk fester machen und als Hemmungsapparate wirken, indem sie sich bestimmten oder zu starken Bewegungen widersetzen. Die Gelenkhöhle ist, mit Ausnahme der Knorpel, überzogen von der Synovialmembran, der Absonderungsquelle der sog. Gelenkschmiere (Synovia), welche vorzugsweise die Reibung der übereinander gleitenden Knorpelflächen mindern hilft. Die alkalische Synovia hält 3—5 % Fixa und verdankt die Viscosität ihrem Eiweiss- und Mucingehalt und ist durch letzteren von den Secretionen der übrigen serösen Häute erheblich verschieden.

Die Knochen, die schwersten Theile des Körpers (specifisches Gewicht nahezu 2) besitzen eine verhältnissmässig grosse Cohäsion; für 1 □ Linie Knochenquerschnitt sind 30—140 Pfund nothwendig, wenn Zerreissung erfolgen soll.

Die Gelenkflächen werden zusammengehalten 1) durch die Gelenkkapsel und deren Verstärkungsapparate, 2) die über die Gelenke gespannten Muskeln und 3) den Luftdruck, der namentlich in den mit tieferen Pfannen versehenen Gelenken stärker wirksam ist. Die Bildung einer Luftleere im Gelenk ist nämlich nicht möglich, also muss der Luftdruck die zwei Gelenkflächen gegen einander pressen.

131. Eintheilung der Gelenkflächen.

Aus den Formen der Gelenkflächen ergeben sich unmittelbar die Bewegungsweisen der Knochen, d. h. die Richtungen und die möglichen Grössen (Excursionsweiten) der Bewegungen. Dabei bewegt sich die eine Gelenkfläche über die andere, so zwar, dass die Bewegung erfolgt um gewisse feststehende Punkte (Drehaxe der Bewegung).

I. Gewerbgelenk (Ginglymus). Die eine Gelenkfläche ist drehrund, und zwar nur in einer einzigen Richtung, die andere Fläche zeigt die entsprechende Hohlform. Drehung ist nur möglich um eine einzige Axe; die Bewegung selbst verbleibt also streng in einer Ebene. Man unterscheidet bloss Beugung und Streckung. Immer sind vorhanden seitliche Hülfsbänder, welche in allen Stellungen der Knochen gleichmässig gespannt sind und somit die Ginglymusbewegungen nicht hemmen. Als Hemmungsapparate dienen Knochenvorsprünge, z. B. das Olecranon des Ellbogengelenkes.

Langer beschreibt eine Abart dieser Gelenke als Schraubengewerbgelenk. Am deutlichsten ist die Schraubenform im Tibio-astragalusgelenk. Die Astragalusrolle stellt einen Abschnitt einer Schraubenspindel, die Tibiafläche dagegen einer Schraubenmutter dar. Das rechte Gelenk entspricht einer linksgewundenen Schraube und umgekehrt. Oftmals ist freilich die Schraubenform nur wenig entwickelt, d. h. die Höhe des Schraubenganges, von dem das Gelenk einen Abschnitt bildet, ist sehr gering. Für die gewöhnliche Betrachtung reicht die Auffassung solcher Gelenke als Gewerbgelenke hin.

II. Drehgelenk (Rotatio). Die eine Fläche hat eine Cylinder-, die andere die entsprechende Hohlform. Entweder 1) dreht sich ein Knochen mit seiner Cylinderfläche in einem Ring, der gebildet wird von dem andern Knochen und von Bändern (z. B. Capitulum radii und incisura semilunaris ulnae); die Drehaxe liegt in der Längsaxe des sich drehenden Knochens. Oder 2) es dreht sich die Hohlfläche eines Knochens um einen andern von Cylinderform, z. B. Atlas um den Zahnfortsatz des Epistropheus; die Drehaxe liegt hier im ruhenden Knochen. Die Drehgelenke gehören ebenfalls zu den einaxigen.

III. Kugelgelenk (freie Arthrodia). Die eine Fläche ist ein Theil einer Kugel, die Vertiefung dagegen zeigt die entsprechende hohlkugelige Form (Caput femoris und Beckenpfanne; Oberarmknochen und Schulterblatt). Die Bewegungen sind wie bei einer Kugel, möglich um unendlich viele Axe, die sich schneiden im Kugelcentrum. Allen diesen Axen substituirt man aber 3 Hauptaxen, die rechtwinkelig auf einander nach den 3 Dimensionen des Raumes gezogen werden und sich im Kugelcentrum schneiden. Das Kugelgelenk ist somit ein dreiaxiges. Daraus ergibt sich eine Allseitigkeit der Bewegung, wie bei keinem andern Gelenk, die zudem begünstigt wird durch die Schlaffheit und Weite der Gelenkkapsel. Die Bewegungen erfolgen 1) in beliebigen Ebenen, oder 2) der bewegte Knochen beschreibt die Peripherie eines Kegels, und endlich sind 3) Rotationen möglich um die Längsaxe des Knochens.

IV. Beschränkte Arthrodie, mit rundlichem oder eiförmigem Gelenkkopf einerseits und annähernd entsprechender Grube andererseits. Sie gestatten dieselben Bewegungen (jedoch mit geringeren Excursionsweiten) wie das Kugelgelenk, mit Ausnahme der Rotation um die Längsaxe; man hat also hier bloss 2 Drehaxen. Z. B. Carpusknochen und Vorderarm; Mittelhandknochen und erste Phalangen der Finger (den Daumen ausgenommen).

V. Sattelgelenk. (Zuerst von Bergmann beschrieben.) Man unterscheidet eine zweifache Krümmung, wie im Sattel, der eine Convexität von rechts nach links und eine Concavität von vorn nach hinten bildet. Hierher gehört (ausser den Gelenken der Wirbelkörper der Vögel) namentlich die Verbindung des Os metacarpi pollicis mit dem Os multangulum majus. Die Bewegungen des Metacarpusknochens des Daumens sind 1) die Opposition und Abduction des Daumens, 2) die Bewegung in einer dazu rechtwinkeligen Ebene, ausserdem aber auch 3) minder leicht ausführbare Bewegungen in anderen Ebenen, und 4) Beschreibung eines kegelförmigen Raumes. Dadurch entsteht das Ansehen von (beschränkten) Arthrodiebewegungen.

VI. Ginglymo-Arthrodie, bezüglich welcher auf das Kniegelenk, als Prototyp, verwiesen wird, das in 483 im Zusammenhang mit seinen physiologischen Verwendungen zu betrachten ist. Dieses Gelenk erlaubt, ausser Ginglymusbewegungen, bei bestimmten Stellungen der Knochen auch Arthrodiebewegungen.

VII. Straffes Gelenk (Amphiarthrosis). Die Gelenkfläche ist nahezu eben, die Bänder sind kurz und wenig nachgiebig, die Gelenkflächen fast gleich gross, die Bewegungen also unbedeutend, aber möglich nach allen Richtungen (z. B. Handwurzelknochen unter einander).

Einzelne Gelenke bieten so specielle Einrichtungen, dass sie sich nur im Allgemeinen in die angegebenen Formen einreihen lassen, so z. B. das Unterkiefergelenk (203).

132. Zugwirkungen der Muskeln auf das Skelet.

Die Muskeln werden hier bloss betrachtet als Körper, welche Zugkräfte ausüben auf ihre Insertionen, ohne Rücksicht auf die Ursachen dieser Kräfte. Dadurch ist die Aufgabe, wenigstens die ihrer allgemeinen Fassung, ein einfaches Problem der Mechanik, so dass schon Borelli vor 200 Jahren mit Erfolg die Grundnormen der Skeletbewegungen auf die Hebelgesetze zurückführen konnte.

Die Muskeln inseriren sich vermittelst der Sehnen an das Periost der Knochen. Die Sehnen sind fest, und (wenigstens durch die im Körper wirksamen Muskelzüge) undehnbar; ihre im Verhältniss zu den Muskeln oftmals sehr geringe Dicke ermöglicht es, dass selbst Muskeln von bedeutendem Querschnitt auf eine beschränkte Stelle eines Knochens wirken können. Die Sehnenlänge wechselt ungemein; die sehr langen Sehnen gestatten den Muskeln Wirkungen auf entfernte Knochen. Die Bewegungen mancher Sehnen werden durch Sehnenscheiden und die sogenannten Schleimbeutel erleichtert.

Die thätigen Muskeln werden 1) entweder bloss gespannt, sie vollführen keine Bewegungen, wenn entweder die Widerstände zu gross, oder alle, ein Gelenk überschreitenden Muskeln im Gleichgewicht sind; es erfolgt dann bloss ein stärkeres Anpressen der Gelenkflächen gegeneinander; oder 2) die Widerstände sind zu besiegen: es entstehen nunmehr Bewegungen; die eine Insertion (punctum mobile) gibt dem Zug des Muskels nach und nähert sich der anderen Insertion (p. fixum).

133. Kraft- und Geschwindigkeitshebel.

In Figur 21 sei *u* der Unterstützungspunkt des Hebels *uk*, in *l* sei die Last, in *k* die Kraft. Wird der Hebel in die Lage *uk'* gebracht, so macht das Ende des Krafthebels eine grössere Bewegung als das Ende des Lasthebels; die Wirkung ist also eine kleine aber kräftige Bewegung der Last, indem Hebel *uk*, durch seine grössere Länge, dem Lasthebel *ul* gegenüber im Vortheil ist. Daher der Name Krafthebel. Beispiel: der grosse Wadenmuskel

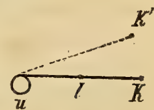


Fig. 21.

er hebt den Körper in die Höhe, indem er die Sohle vom Boden entfernt und den Fuss auf die Köpfchen der Mittelfussknochen (Unterstützungspunkt *u*) stellt; *l* fällt in die Axe des Fussgelenkes im Sprungbein und *k* in die Insertion der Achillessehne am Höcker des Fersenbeines.

Liegt die Kraft näher dem Unterstützungspunkt als die Last, so macht das Ende des Lasthebels grosse Bewegungen; daher der Name Geschwindigkeitshebel. Dieselben sind aber minder kräftig, weil nunmehr der Krafthebel als kürzerer im Nachtheil ist. Z. B. bei der Hebung des Armes durch den Deltoides liegt die Last unterhalb der Insertion dieses Muskels.

Nach den Gesetzen der Mechanik ist Gleichgewicht am Hebel vorhanden, d. h. es tritt keine Bewegung ein, wenn die statischen Momente der Kraft und Last gleich sind. Unter statischem Moment versteht man das Produkt der Hebellänge in das, die Kraft oder Last ausdrückende Gewicht. Beschwerte Ed. Weber den Körper eines Erwachsenen mit zunehmenden Gewichten, so konnten schliesslich die Wadenmuskeln die erhöhte Körperlast nicht mehr überwinden, d. h. die Fersen nicht mehr vom Boden erheben. Die Summe des Körper- und des aufgelegten Gewichtes betrug 430,6 Kilogramme, diese standen also im Gleichgewicht mit der Kraft der Wadenmuskeln. Die Länge des Lasthebels, *ul* Fig. 21, betrug 0,129 Meter, das statische Moment der Last demnach 55,55 Kilogrammmeter. Die Länge des Krafthebels *u k* war 0,172 Meter. Also haben wir $55{,}55 = 0{,}172 \cdot x$, d. h. x die (statische 94) Kraft der Wadenmuskeln, war 323 Kilogramme.

Die Mehrzahl der Muskeln inserirt mehr oder weniger nahe den Gelenken, d. h. der Krafthebel ist kurz, der Lasthebel lang. Geht dadurch zunächst allerdings Kraft verloren, so wird solche auf der anderen Seite wieder erspart, weil die Muskelverkürzungen geringer ausfallen dürfen. Unter der Voraussetzung, dass, Figur 22, das punctum fixum in *a* liegen müsse, braucht der Muskel *ab*, wenn er dem Knochen *dc* die Stellung *cf* zu geben hat, sich um einen geringeren Bruchtheil seiner Länge zusammenzuziehen, als wenn dieses Geschäft dem Muskel *ag* übertragen wird.

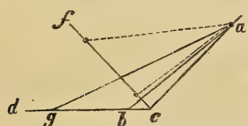


Fig. 22.

134. Muskellänge und Bewegungsgrösse.

Die Insertionspunkte der Skeletmuskeln zeigen sehr verschiedene Abstände von einander; ein Zusammenhang zwischen den Grössen dieser Abstände und den Bewegungsgrössen der Muskeln (d. h. den Näherungen der Insertionspunkte) besteht schon desshalb nicht, weil das Verhältniss der Sehnenlänge zur Länge der Muskelfasern in den verschiedenen Muskeln ausserordentlich schwankt. Anders aber verhält es sich, wenn man auf die Längen der Muskelfasern, mit Ausschluss der Sehnen, Rücksicht nimmt. Dieselben schwanken zwischen 5 bis 450 Millimetern, immer aber verhalten sich, nach Ed. Weber, die Längen der Muskelfasern in ihren gewöhnlichen Ruhelagen zu deren Längen im Zustande der grösstmöglichsten, durch die Gelenke u. s. w. noch gestatteten Verkürzungen, annähernd wie 2 : 1. Es besteht also ein bei den (meisten) Skeletmuskeln durchgreifendes Verhältniss zwischen Muskellänge und Bewegungsgrösse. Diese Norm gilt übrigens nicht für die Muskeln, welche mehr als ein Gelenk überspringen, indem dieselben viel geringere Verkürzungsgrade zeigen.

135. Richtung des Muskelzuges.

Die senkrechte Insertion der Muskeln an die zu bewegenden Knochen gestattet, unter sonst gleichen Verhältnissen, die stärksten Wirkungen; der Masseter z. B. presst den Unterkiefer kräftig gegen den Oberkiefer. Die Gestaltverhältnisse des Skeletes bringen es aber mit sich, dass die meisten Muskeln mehr oder weniger schief inseriren. Dadurch geht zunächst allerdings Kraft verloren. Durch *a* Figur 23 gehe die auf der Papierebene senkrechte Drehaxe, *m′ m* sei die Richtung der Muskelkraft. Letztere kann, nach dem Gesetz des Kräfteparallelogrammes, zerlegt werden in eine auf den Hebelarm *m a* senkrecht wirkende Kraft *i m* und eine, die Gelenkflächen an einander pressende Kraft $mg = im'$. Ist aber der Knochen stärker flektirt, also z. B. in die Lage der Figur 24 übergeführt, so ist *i m* im Verhältniss zu *i m′* viel begünstigter; bei der senkrechten Stellung von *m′ m* gegen *m a* endlich übt der Muskel die sonstigen Bedingungen als gleich angenommen, das Maximum seiner Wirkung aus. Bei der Strecklage des Knochens würde, wegen grösster Schiefheit der Insertion, die Kraft *i m* fast Null, d. h. das Eintreten der Beugung ungemein schwer werden, wenn nicht die grössere Dicke der Knochen in der Nähe der Gelenke der Sehne eine weniger schiefe Richtung gegen den Insertionspunkt bedingen würde.

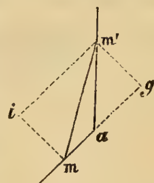


Fig. 23.

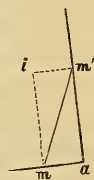


Fig. 24.

Bei schief inserirenden Muskeln wird also, im Verlauf der Beugungsbewegung, der Insertionswinkel minder spitz und die Bewegung dadurch erleichtert. Dazu kommt noch der weitere Vortheil, dass schief inserirende Muskeln sich bei weitem nicht so stark zu verkürzen brauchen, um dem Knochen eine bestimmte Bewegung zu ertheilen, als senkrecht inserirende.

Physiologie der Specialfunctionen.

VII. Kreislauf des Blutes.

136. Schema des Kreislaufsapparates.

Der Kreislaufsapparat besteht aus dem, durch seine Zusammenziehungen die Dienste eines Pumpwerkes leistenden Herzen und sehr zahlreichen, vielfach sich verästelnden Röhrenleitungen, den Blutgefässen. Man unterscheidet: 1) Arterien. Das Blut fliesst vom Stamm gegen die Aeste und Zweige; der Hauptstamm wird gespeist von der Herzkammer. 2) Capillaren. Die engsten Gefässe, welche den Uebergang bilden zu den 3) Venen. In diesen strömt das Blut von den Zweigen gegen die Stämme; die Hauptstämme münden in den Herzvorhof. Bei den Säugethieren und Vögeln unterscheidet man zwei Abschnitte des Kreislaufes: 1) Lungenblutbahn: rechtes Herz, die daraus entspringende Lungenarterie, Lungencapillaren, Lungenvenen, mündend in den linken Vorhof. 2) Körperblutbahn: linkes Herz, die daraus entspringende Aorta und deren Verzweigungen, Capillaren des gesammten Körpers, Körpervenen, mündend in den rechten Vorhof.

Dass das Blut sich bewege, gehört zu den ältesten Annahmen in der Medicin, jedoch war man vielfach im Unklaren über Richtungen, Geschwindigkeiten, überhaupt die wesentlichsten Eigenschaften dieser Bewegungen. Harvey erwies 1628 die mechanische Nothwendigkeit der Circulation; seine Entdeckung ist wegen der fundamentalen Wichtigkeit des Blutlaufes die unmittelbar consequenzenreichste in der bisherigen Physiologie gewesen.

A. Hydraulische Vorbemerkungen.

137. Spannung der Flüssigkeiten.

Man kann sich die tropfbaren Flüssigkeiten hypothetisch vorstellen als zusammengesetzt aus Molekeln von beliebiger Kleinheit, die unter sich wiederum durch gewisse Abstände getrennt sind. Die Abstände sind die Folge einer Summe von anziehenden und abstossenden, im Nähern jedoch unbekannten Kräften. Wirkt ein Druck auf eine tropfbare Flüssigkeit, welche, in einem Behälter eingeschlossen, nicht ausweichen kann, so erfahren die Molekeln eine

gewisse Näherung. Dadurch werden ihre abstossenden Kräfte stärker in Anspruch genommen, die Molekeln zeigen also eine gewisse »Spannung«. Das Volum einer tropfbaren Flüssigkeit kann aber selbst durch enorme Drücke nur ausserordentlich wenig verkleinert werden; die Spannung wird also schon sehr bedeutend, selbst bei einer minimen Näherung der Molekeln.

Die gespannte Flüssigkeit drückt auf die Wand des Behälters. Als einfachster Druckmesser dient eine in die Wand eingesetzte senkrechte Röhre. Die Flüssigkeit steigt in dieser bis zu einer gewissen Höhe und steht dann im Gleichgewicht mit der im Behälter befindlichen Flüssigkeit. Wegen der Verschiedenheiten der specifischen Gewichte werden die Flüssigkeitssäulen in den Druckmessern ausgedrückt in Wasser- oder Quecksilberhöhen; dadurch werden die Spannungen (Druckgrössen) unmittelbar mit einander vergleichbar.

138. Bewegung der Flüssigkeiten.

Wasser, welches in einem mit Ausflussöffnung versehenen Behälter sich befindet, kann auf sehr verschiedene Weise zum Ausströmen gebracht werden, z. B. durch die blosse Schwere der Wassersäule selbst, oder durch den Druck eines Stempels, oder den Druck der kontraktilen Wandung des Behälters u. s. w.; immer aber ist die Kraft, welche die Bewegung verursacht, ausdrückbar durch die Höhe h, Fig. 25, einer Wassersäule in dem Behälter. Würde dem Ausfliessen gar kein Widerstand entgegenstehen, so könnte die ganze Kraft des Druckes h verwendet werden zur Herstellung der Bewegung; das Wasser würde alsdann aus der Mündung strömen mit einer Geschwindigkeit, gleich derjenigen, die ein Körper erlangt hat, der durch den Raum h herabgefallen ist. Die wirklichen Ausflussgeschwindigkeiten sind aber immer geringer, weil das Wasser nicht ausströmen kann, ohne Widerstände zu erfahren, z. B. Reibung an der Ausflussmündung. Die Kraft h wird demnach nicht blos verwendet, um das Fliessen zu bewirken, sondern auch, um den beim Fliessen sich geltend machenden Widerständen das Gleichgewicht zu halten. Beide Kräfte können wiederum ausgedrückt werden durch die Höhen zweier Wassersäulen: die Widerstandshöhe w und die Geschwindigkeitshöhe g, so dass $w + g = h$. Die Geschwindigkeiten wachsen mit zunehmenden Drücken (Höhen von h), sie verhalten sich, dem Torricelli'schen Gesetz gemäss, bei den Drücken (h) 1, 4 und 9, wie 1, 2, 3, d. h. die Geschwindigkeiten verhalten sich wie die Quadratwurzeln der Drücke und die Drücke wie die Quadrate der Geschwindigkeiten.

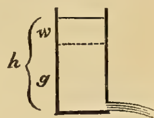


Fig. 25.

139. Ursache der Stromwiderstände.

Erfolgt der Ausfluss durch eine in den Behälter eingesetzte längere Röhre, so nehmen die Widerstände beträchtlich zu. Die Geschwindigkeitshöhe kann dann sehr viel kleiner werden als die Widerstandshöhe; die erstere ist unmittel-

bar demonstrirbar, wenn man das Wasser aus dem Röhrenende in einem senkrecht nach aufwärts gerichteten Strahl ausfliessen lässt.

Die Röhrenwand selbst setzt der unmittelbar angrenzenden äussersten Schicht des strömenden Wassers einen Widerstand entgegen; dadurch erfährt diese Schicht eine beträchtliche Hemmung. Die Theilchen der zweitäussersten concentrischen Wasserschicht müssen sich lossreissen von denen der äussersten Schicht; dadurch wird ihr Fliessen ebenfalls gehemmt, um so mehr als die äusserste Schicht nahezu unbeweglich ist. Dessgleichen reiben sich die Theilchen der dritten Schicht an denen der zweiten; der Kraftverlust ist aber schon etwas geringer, da auch die zweite Schicht in Bewegung begriffen ist. Es muss also bei diesen ungleichen Bewegungen die Cohäsion der an einander vorbeifliessenden Theilchen überwunden werden und zwar sind (für einen bestimmten Cohäsionsgrad einer gegebenen Flüssigkeit) die Reibungen, die zwei benachbarte Flüssigkeitsschichten auf einander ausüben, proportional den Geschwindigkeitsdifferenzen. Die Hemmungen nehmen also successiv ab gegen die Mitte der Röhre und die Geschwindigkeitsunterschiede der von der Wandung nur etwas entfernteren concentrischen Schichten sind so gering, dass sie nicht mehr in Betracht kommen. Man unterscheidet somit: die mehr oder weniger dünne, ringförmige Wandschicht mit langsamem, und die Mittelschicht mit schnellem Fliessen, sowie die durchschnittliche Geschwindigkeit des Strömens in dem ganzen Querschnitt.

Nach Obigem bewegt sich eine Flüssigkeit nicht wie ein fester Körper, dessen Theilchen gleiche Geschwindigkeit haben und der nur an seiner Berührungsfläche mit der Wand Reibung erfährt; für manche unserer Ableitungen reicht aber die Annahme hin, dass die Widerstände von der Röhrenwandung ausgehen.

Es mag noch erinnert werden, dass der Umfang einer runden Röhre vom Halbmesser r = ist 6,28 r; der Querschnitt (Lumen) der Röhre = 3,14 r^2, ferner dass die Ausflussmenge = ist Röhrenlumen mal Geschwindigkeit, also die Geschwindigkeit = Ausflussmenge dividirt durch Röhrenlumen.

140. Das Fliessen in gleichweiten geraden Röhren.

Dieser einfachste Fall soll zugleich dienen zur Erörterung einiger unentbehrlichen hydraulischen Grundlehren. Ist die Röhre in ihrem ganzen Verlauf gleichweit, so müssen die Stromgeschwindigkeiten (also auch die aus diesen berechenbaren Geschwindigkeitshöhen) in jedem Röhrenquerschnitt dieselben sein. Setzt man in die Röhre einige Druckmesser in gleichen Abständen von einander ein, Figur 26, so nehmen die Wasserhöhen in denselben gegen die Ausflussmündung ab; am Anfang der Röhre sind die Widerstände am grössten, an der Ausflussmündung dagegen sind sie = 0. In jedem Röhrenabschnitt muss aber, wegen der Gleichheit des Querschnittes, die den Vorgang überhaupt unterhaltende Kraft h in gleicher Weise abnehmen; die obersten Punkte der Wassersäulen in den auf einander folgenden Druckmessern liegen desshalb in einer gegen die Ausflussmündung hin sich senkenden Geraden. (Fig. 26, ausgezogene Linie.)

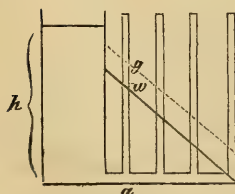


Fig. 26.

Denkt man sich zu den Widerstandshöhen in den Druckmessern noch hinzu die Geschwindigkeitshöhe *w g*, Figur 26, welche in der gleichweiten Röhre überall dieselbe ist, so hat man an jedem Röhrenabschnitt die Kraft, welche von der ursprünglichen Druckkraft *h* noch übrig geblieben ist. In dem weiten Behälter bewegt sich das Wasser langsam; die Widerstände sind desshalb hier = 0, sie beginnen erst beim Einströmen in die Röhre. Die ursprüngliche Kraft *h* nimmt desshalb succesiv ab, sie hat an der Stelle des ersten Druckmessers nur noch den Werth *g a*.

Ein Theil der hemmenden Wirkungen folgt aus dem (hinlänglich motivirten) Vordersatz, dass die Hemmungen zunächst ausgehen von der Röhrenwand (139). Desshalb wachsen die Widerstände, wenn die Berührungen vermehrt werden zwischen Wandung und Wasser. Folgende Einzelursachen bestimmen vorzugsweise die Widerstände:

1) *Röhrenlänge.* Man setzt verschieden lange Ausflussröhren in den Behälter und lässt das Wasser immer mit derselben Geschwindigkeit ausströmen; die Widerstände an der Ausflussmündung steigen dann porportional den zunehmenden Röhrenlängen, d. h. proportional den wachsenden Berührungen zwischen Wasser und Röhrenwand.

2) *Röhrenquerschnitt.* Je kleiner die Querschnitte, desto grösser werden im Verhältniss zu der im Querschnitt enthaltenen Wassermenge, die peripheren Reibungen; die Widerstände wachsen demnach ungefähr in dem Verhältniss als die Durchmesser abnehmen.

Mit zunehmender Röhrenperipherie wächst der Widerstand, d. h. die Berührung zwischen Wasser und Wandung, zugleich wächst aber auch die freifliessende Mittelschicht. Der Widerstand vertheilt sich auf das Wasser des ganzen Querschnittes, also auf eine im quadratischen Verhältniss der Durchmesser zunehmende Wassermasse. Die Wirkungen der Röhrendurchmesser *d* werden somit ausgedrückt durch $\frac{d}{d^2} = \frac{1}{d}$, d. h. die Widerstände verhalten sich umgekehrt wie die Durchmesser. In Röhren von nur wenigen Millimetern Durchmesser wachsen aber die Widerstände noch rascher, als die Durchmesser abnehmen (s. auch 141).

3) *Stromschnelle.* Schnelleres Fliessen vermehrt die Berührungen zwischen Wasser und Röhrenwand und zwischen den mit verschiedenen Geschwindigkeiten begabten concentrischen Wasserschichten. Man kann bei grösseren, in Organismen aber nicht mehr vorkommenden, Stromschnellen annähernd annehmen, dass die Widerstände wachsen etwa im quadratischen Verhältniss der Geschwindigkeiten, d. h. den Geschwindigkeiten 1, 2, 3 würden entsprechen die Widerstände 1, 4, 9.

4) *Wärme* mindert die Widerstände, indem sie die Cohäsion der strömenden Theilchen herabsetzt.

5) *Natur der Flüssigkeit,* s. 141.

Die Geschwindigkeiten wachsen mit abnehmender Länge und zunehmendem Durchmesser der Röhren, mit steigender Temperatur, und hängen ausserdem noch ab von der Natur (Cohäsion) der Flüssigkeit selbst.

Früherem zufolge (138) wachsen endlich die Geschwindigkeiten mit zunehmenden Grösse der, den Vorgang überhaupt unterhaltenden Kraft, d. h. der Druckhöhe h. Da aber $h = g + w$, so müssen, wenn h zunimmt, ausser den Geschwindigkeiten auch die Widerstände wachsen; jedoch nehmen dann erfahrungsgemäss die Geschwindigkeiten relativ etwas stärker zu, als die Widerstände.

141. Fliessen in Haarröhrchen.

Lässt man Wasser, das feine Körperchen suspendirt enthält, durch Glascapillaren fliessen, so ist, eben an der Bewegung dieser Körperchen, die langsam fliessende Wandschicht (139) direkt wahrnehmbar. Je enger die Capillaren, desto mehr nimmt die Dicke der Wandschicht im Vergleich zur Mittelschicht zu; bei sehr engen Capillaren kann selbst der ganze Röhreninhalt gehemmt sein, d. h. der Druck von hinten ist nicht im Stand, die in den Capillaren vorhandenen Widerstände zu besiegen.

Das Fliessen durch Capillaren ist besonders von Poiseuille untersucht worden; übrigens gehorchen auch weitere Röhren (bis etwa 3 Millimeter Durchmesser) denselben Normen (H. Jacobson). In solchen Röhren verhalten sich die Geschwindigkeiten wie die Quadrate der Durchmesser (Capillaren von Durchmessern 1, 2, 3 entsprechen die Stromesgeschwindigkeiten 1, 4, 9) und wie die Druckhöhen h.

In weiten Röhren (140) wachsen die Geschwindigkeiten im einfachen Verhältniss der zunehmenden Durchmesser, dagegen bloss wie die Quadratwurzeln der zunehmenden Druckhöhen. Die von der Röhrenwand ausgehenden Stromhemmungen sind demnach in Capillaren relativ sehr viel bedeutender.

Die Geschwindigkeiten sinken in engen Röhren ebenfalls mit zunehmender Röhrenlänge und hängen in hohem Grade ab von der Natur der strömenden Flüssigkeit. Wässrige Lösungen von Salzen der Alcalien fliessen etwas schneller durch Capillaren als Wasser; Zusätze gewisser Säuren oder von Alcohol zum Wasser mindern dessen Geschwindigkeit. Serum fliesst fast noch einmal so langsam, defibrinirtes Blut aber 6 mal langsamer durch Capillaren als destillirtes Wasser.

Das Röhrenmaterial ist ohne wahrnehmbaren Einfluss auf das Fliessen; es kann desshalb eine durch eine Röhre strömende Flüssigkeit angesehen werden, als umgeben von einer, aus der Flüssigkeit selbst gebildeten Wand, d. h. der stockenden Wandschicht. Die an Glascapillaren gewonnenen hydraulischen Erfahrungen sind demnach auch auf die Haargefässe des Organismus anwendbar. Sehr bemerkenswerth ist, dass das Blut vermöge seiner Beschaffenheit dem Strömen nicht unbedeutende Widerstände entgegensetzt.

142. Fliessen in ungleichweiten Röhren.

Die Röhre, Fig. 27, bestehe aus 3 gleichlangen Abschnitten 2, 4 und 1, deren Querschnitte sich verhalten sollen wie diese Zahlen. Die in jedem der 3 Abschnitte enthaltenen Wasservolume sind somit den Querschnitten proportional;

demnach muss sich Abschnitt 1 viermal entleeren, bis 4 einmal und Abschnitt 2 zweimal sich entleert haben. Die Stromschnellen verhalten sich also umgekehrt wie die Querschnitte; die Geschwindigkeitshöhen (= Abstände der punktirten und ausgezogenen Linie in der Figur) verhalten sich in den drei Abschnitten 2, 4 und 1 wie 4 : 1 : 16. Am stärksten sind die Widerstände in dem engen 1,

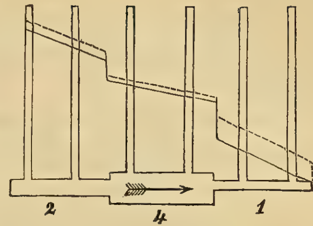


Fig. 27.

am geringsten in 4; setzt man desshalb je 2 Druckmesser in jeden Abschnitt, und zwar in gleichen Abständen von einander ein, so müssen die Druckhöhen (ausgezogene Linie in der Figur) am meisten differiren zwischen den 2 Druckmessern von 1, am wenigsten in Abschnitt 4. Die Widerstände nehmen also hier nicht stetig ab gegen die Ausflussmündung hin.

143. Fliessen in verzweigten Röhren.

Wir betrachten bloss einen einfachen Fall der, die mannigfaltigsten Anordnungsweisen zulassenden Röhrenverzweigungen. Die gleichweiten Röhren *a* und *v* in Figur 28 seien verbunden durch zwei Arme: den engen *e* und den weiteren *w*. Die Summe der Querschnitte von *e* und *w* sei grösser als der Querschnitt *a*; desshalb strömt das Wasser schneller in *a* und *v*, wogegen die mittlere Stromschnelle in *e* und *w* zusammengenommen,

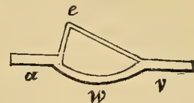


Fig. 28.

geringer ist. In *w* aber ist das Strömen rascher als in dem, grössere Widerstände bietenden *e*. Letzteres zeigt eine plötzliche Krümmung, das Wasser stösst also gegen die konvexe Seite der Röhrenwand und erleidet dadurch einen Kraftverlust. Erfolgt aber die Krümmung allmälig, wie in *w*, so ist die Richtungsänderung der Theilchen in jedem Augenblick nur unbedeutend, die konvexe Seite der Röhrenwand empfängt somit schwächere Stösse, die Stromhemmungen werden geringer.

Die durch die Röhrenwinkel gesetzten Widerstände werden um so grösser, je spitzer die Winkel und je grösser die Stromgeschwindigkeiten sind. Die Krümmungen sind aber nur dann von merklicherem Einfluss, wenn die übrigen Widerstandsursachen klein sind, also bei kleinen Thieren mit relativ geringen Blutdruck, nicht aber bei grösseren Thieren.

144. Fliessen in elastischen Röhren.

Wird in die Ausflussmündung des Behälters eine elastische Röhre eingefügt, so geschieht das Fliessen wie in einer starren Röhre. Die Einflüsse des Röhrenmaterials zeigen sich erst, wenn das Wasser durch ein Pumpwerk zum Strömen gebracht wird; die das Fliessen unterhaltende Kraft (unsere Druckhöhe *h*) wirkt nunmehr nicht continuirlich, sondern in einer gewissen, oftmals rhythmischen, Folge, d. h. die Wassermassen werden in periodischen Stössen in die Röhre eingetrieben. Aehnliche Bedingungen wiederholen sich an der Herz-

pumpe und den Blutgefässen; die Specialerscheinungen des Fliessens in elastischen Röhren werden übrigens, nach Vorausschickung der betreffenden physiologischen Thatsachen, für unsere Zwecke verwerthbarer und desshalb erst in 167 abgehandelt.

Man füllt eine sehr lange elastische Röhre prall mit Wasser, versieht deren Ausflussmündung mit einem Hahn und setzt in das andere Ende eine Spritze und in den Verlauf der Röhre einige Druckmesser ein (Volkmann, E. H. Weber). Fängt, nach Oeffnung des Hahnes das Wasser an zu fliessen, so sinken die Wasserstände in den Druckmessern rasch. Wird aber durch eine schnelle Bewegung des Spritzenstempels neues Wasser in den Anfang der Röhre eingetrieben, und zwar in grösserer Menge als während der Stempelbewegung gleichzeitig aus der Ausflussmündung auslaufen kann, so erweitert sich zunächst das Anfangsstück der Röhre, die Wassersäulen in den ersten Druckmessern steigen und das Wasser fliesst hier mit grösserer Geschwindigkeit. Kommt der Stempel in Ruhe, so zieht sich das gedehnte Anfangsstück zusammen; dadurch wird das überschüssige Wasser weiter getrieben, also ein entfernterer Röhrenabschnitt gedehnt und so schreiten Dehnungen und Zusammenziehungen successiv und wellenförmig fort bis zur Ausflussmündung (167).

Folgen die Stempelstösse schnell aufeinander, so wird die Röhre immer gehörig prall erhalten; das Wasser fliesst dann continuirlich aus, aber zunehmend schneller während des Stosses, zunehmend langsamer während der Ruhe des Stempels. Dessgleichen wechseln die Drücke in den Druckmessern unaufhörlich, sie nehmen zu während der Bewegung, und ab während der Ruhe des Stempels. Alle diese Veränderungen sind schwächer in den, der Ausflussmündung näheren Röhrentheilen.

B. Herzthätigkeit.

145. Systole und Diastole.

Jeder Abschnitt des Herzens zeigt ein ununterbrochenes, schnell aufeinander folgendes Wechselspiel systolischer und diastolischer Zustände. Die Systole ist das aktive Moment; die Muskulatur der Wandung zieht sich zusammen, presst das in der Höhle befindliche Blut und treibt dasselbe nach vorwärts. Der Diastole entspricht die Muskelruhe. Die durch den Widerstand des auszutreibenden Blutes vorher gespannte und derbe Muskulatur erschlafft und wird nachgiebig, so dass die Herzhöhle im Stande ist, neues Blut von hinten her aufzunehmen. Die Aufgabe des Herzens besteht in einem energischen Vorwärtsschieben des Blutes; ein Rückwärtsfliessen findet nicht statt, indem zur Verhütung des Rückflusses an gewissen Stellen Ventile angebracht sind, welche dem Blute den Durchgang nur nach einer Richtung gestatten. Die Systolen und Diastolen erfolgen jeweils gemeinsam und gleichzeitig in den gleichnamigen Abschnitten des rechten uud linken Herzens. Das Herz des erwachsenen Menschen vollführt im Zustande

der Körperruhe 72 Schläge in der Minute. Diese Durchschnittszahl erleidet jedoch nach Alter, Geschlecht, Körpergrösse, Constitution, Körperstellungen, Bewegungen, Schlaf und Wachen u. s. w. vielfache Abänderungen, (s. die specielle Physiologie).

146. Rhythmik der Systole und Diastole.

Beide Zustände dauern in der Kammer (nahezu) gleich lang; im Vorhof dagegen ist die Systole sehr viel kürzer als die Diastole; sie verhält sich zur letzteren wie 1 zu mindestens 2 bis selbst 3. Während der Systole der Kammern sind die Vorkammern diastolisch; während der Kammerdiastole dagegen sind die Vorkammern anfangs ebenfalls diastolisch, erst später werden sie systolisch. Die Vorkammersystole ist demnach ein kurzer Vorschlag der Kammersystole. Die ausgezeichneten Curven, Figur 29, bezeichnen die Kammer, die punktirten die Vorkammer; die Curven über der Linie *a a* die Systolen, die unter der Linie die Diastolen. Die Zeitverhältnisse werden angegeben durch die Dimensionen in der Richtung *a a*. Die Figur stellt zwei Herzschläge dar.

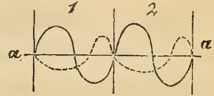


Fig. 29.

Die Zeitbestimmungen der Vorhofsbewegungen setzen eine Vivisection voraus, die Tempi's der Kammerbewegungen können dagegen an der, diesen fast vollständig entsprechenden, Pulsrhythmik untersucht werden. Auch das Einstechen einer Nadel in das Herz durch die unversehrte Brustwand ist in neuester Zeit, namentlich von Wagner, zur Untersuchung der Herzrhythmik angewandt worden, wobei man sich übrigens vor den leicht möglichen Eigenschwingungen (155) der Nadel zu hüten hat.

147. Vorkammerdiastole.

Die Grundnormen sind in allem Wesentlichen dieselben im rechten und linken Herzen, und zwar in den Vorkammern wie den Kammern. Unsere Darstellung beschränkt sich in der Regel auf das rechte Herz.

Der rechte Vorhof empfängt drei Blutzuflüsse: 1) aus der Herzmuskulatur (grosse Herzvene und einige kleineren), 2) aus Kopf, Hals, oberen Gliedmaassen und Brustwand (obere Hohlvene) und 3) alles übrige Venenblut des Körpers (untere Hohlvene, deren Querschnitt etwa das Doppelte von dem der oberen Hohlvene beträgt). Das Blut in diesen Venen steht unter einem stärkeren Druck, strömt desshalb in den Vorhof ein, dessen Wandungen passiv ausgedehnt werden. Die Räumlichkeit des Vorhofs an sich, also die Aufnahme von neuem Venenblut, ist beschränkt, und zwar, wie es scheint, relativ um so mehr, je grösser die Pulszahlen der Thiere sind; das Nachrücken weiterer Blutmassen wird aber ermöglicht durch folgende Einrichtungen: 1) Mit der Diastole der Vorkammer beginnt die Systole der Kammer; die Tricuspidalklappen treten abwärts in die Kammerhöhle und schliessen dadurch einen, im Verlauf der Kammersystole immer grösser werdenden kegelförmigen Raum ein, in welchen das Vorkammerblut nachströmt, d. h. der Vorkammerraum wird bedeutend erweitert auf Kosten des Kammerraumes und dadurch befähigt, weitere Blutmassen aus den Venen aufzunehmen. 2) Gegen Ende der Vorkammerdiastole beginnt die

Diastole der Kammer; die bisher schliessenden Tricuspidalklappen treten jetzt auseinander und das in dem erwähnten kegelförmigen Raum enthaltene (Vorkammer-) Blut gehört nunmehr der sich ausdehnenden Kammer selbst an, so dass in die (diastolische) Vorkammer wiederum neues Blut aus den Venen nachrücken kann.

Den linken Vorhof versehen die vier Lungenvenen mit Blut, und zwar wahrscheinlich noch gleichmässiger, als das im rechten Herzen der Fall ist. Die Füllungsgrade wechseln desshalb im linken Herzen weniger als im rechten.

148. Vorkammersystole.

Sie verbreitet sich von den Venenmündungen aus schnellstens über die Vorkammer gegen das Ostium atrio-ventriculare und treibt das Blut in die erschlaffte Kammer ein. Die Lungenvenenmündungen haben keine Klappen; in der rechten Vorkammer verlegt weder die Thebesische Klappe die grosse Herzvene, noch viel weniger die beim Erwachsenen viel zu kleine und oft netzförmig durchbrochene Eustachi'sche Klappe die Mündung der Cava inferior. Die Cava superior ist klappenlos. Gleichwohl aber findet ein, früher vielfach angenommenes, Zurückweichen von Blut aus den systolischen Vorkammern in die Venen nicht statt.

Würde ein Theil des Vorkammerblutes während der Systole der Vorkammer in die Venen zurückfliessen, so müssten die Zweige der Cava superior, z. B. die Jugularis externa, durch eine von unten nach aufwärts verlaufende Blutwelle ausgedehnt und der Blutdruck in einem, in dieselben eingesetzten Druckmesser, a tempo mit der Vorkammersystole erhöht werden. Beides ist aber nicht der Fall.

Die Vorkammern fahren merkwürdigerweise auch während ihrer Systole fort, Blut aus den Venen zu empfangen. Beweis: die Kammer erweitert sich relativ beträchtlich während der Systole der Vorkammer; letztere aber wird, wie jede Vivisection zeigt, nur wenig verkleinert. Dieses Missverhältniss zwischen Kammererweiterung und Vorkammerverengerung kann nicht anders gedeutet werden, als dass die Zuflüsse zu den Vorkammern während deren Systolen noch fortdauern, was für die Regelmässigkeit des Blutlaufes überhaupt von Wichtigkeit ist.

Man hat vielfach nach Einrichtungen gesucht, welche das Zurückweichen des Blutes in die Venen erschweren und als solche genannt: die Contraction der Vorkammer von den Venenmündungen aus gegen die Kammer hin; die Ringfasern um die während der Systole jedenfalls enger werdenden Venenmündungen; die Richtung des venösen Blutstromes gegen die Vorkammer u. s. w. Alle diese Einrichtungen würden den Rückfluss nicht verhüten. Gleichmässigkeit der Venenzuflüsse ist, wie es scheint, eine Hauptaufgabe für die Herzpumpe und die Systolen und Diastolen müssen in Vorkammern und Kammern derartig geschehen und sich compensiren, dass eine solche Regelmässigkeit der Blutzufuhren möglichst erreicht werden kann.

149. Diastole und Systole der Kammer.

Die vorhergegangene Kammersystole hat das Blut in die Pulmonalarterie (resp. Aorta) getrieben, deren Semilunarklappen während der ganzen Dauer der Kammerdiastole verschlossen bleiben, wodurch dem Arterienblut der Rückgang in die Kammer verwehrt wird. Die Kammerwand erschlafft, die Klappenränder der Tricuspidalis (resp. Mitralis) treten auseinander und das Blut strömt aus der, jetzt noch diastolischen (146), Vorkammer in die Kammer; die sogleich folgende Vorkammersystole füllt die Kammer vollständig.

Hierauf geräth die Kammerwand und zwar alle Theile derselben gleichzeitig, in die systolische Verkürzung. Das Blut wird gepresst und drückt auf die untere Fläche der in den Kammerraum herabhängenden Zipfel der Atrioventricularklappen; das Blut fängt sich in denselben, sie blähen sich auf und weichen etwas zurück gegen die Vorkammermündung, wobei ihre Ränder sich genau aneinanderlegen und den Rückfluss von Blut in die Vorkammer verhüten. S. beistehende Figur.

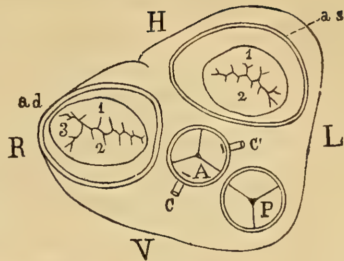


Fig. 30.

Fig. 30 Formen und Stellungen der Herzklappen beim Verschluss. *V* vorn, *H* hinten u. s. w. *a. s.* Aufgeschnittene obere Wand der linken Vorkammer. 1. hinterer, 2 grösserer oder vorderer (sog. Aorten-) Zipfel der Bicuspidalis. *a. d.* Aufgeschnittene obere Wand der rechten Vorkammer. 1 hinterer (oder Scheidewands-) Zipfel, 2 grosser vorderer, 3 kleiner vorderer (resp. äusserer) Zipfel der Tricuspidalis. *P,* Art. pulmonalis mit ihren 3 Semilunarklappen. *A,* Aorta. *c* Art. coronaria dextra, *c'* coronaria sinistra.

Sogleich beginnt die aktive Rolle der Klappen. Die Papillarmuskeln verkürzen sich und ziehen vermittelst ihrer Sehnenfäden die Klappen gegen die Herzspitze hin, während zugleich der Klappenverschluss fortbesteht. Schliesslich verschwinden die Papillarmuskeln vollkommen in der Muskulatur der Herzwandung.

Das Zurückschlagen der Klappen in die Vorhöfe wird durch die Sehnenfäden verhütet und der Schluss der Klappenränder, bei ihrem Herabsteigen während der Systole, dadurch ermöglicht, dass derselbe Papillarmuskel Sehnenfäden zu den einander gegenüberstehenden Rändern je zweier Klappenzipfel schickt.

Die Raumminderung der Kammer geschieht also durch Contraction der Wandung, ganz besonders aber durch das Herabsteigen des Tricuspidalis, d. h. die Bildung eines in den Kammerraum ragenden Conus, wodurch der Vorkammerraum sich in die Kammer verlängert. Der eigentliche Kammerraum ist dadurch zu Ende der Systole fast auf Null reducirt und eine beträchtliche Blutmasse ausgetrieben worden, obschon die Raumverminderung der Kammer auf den blossen äusseren Anblick ihrer systolischen Form keine sehr grosse ist.

Der Druck des Kammerblutes überwindet den Gegendruck der Blutsäule in der Lungenarterie, die Semilunaren erheben sich sogleich mit dem Beginn der Kammersystole, und gestatten dem Blut den Ausweg in die Arterie. Eine Anlagerung der Klappen an die Arterienwand findet nicht statt, indem zwischen Klappen und Arterienwand (Sinus Valsalvae) immer etwas Blut vorhanden ist. Mit beginnender Kammerdiastole zieht sich die gespannte Arterie zusammen, drückt zunächst das Blut zwischen ihr und den aufgerichteten Klappen und schlägt dieselben zurück. Letztere bilden bei ihrem Verschluss eine eigenthümliche Figur; die Klappenränder legen sich so aneinander, dass drei Radien gebildet werden, die in der Mitte unter Winkeln von je 120° zusammenstossen.

Durch eine vollständige Anlagerung der Klappen an die Arterienwand würde das

schnelle und regelrechte Zurückklappen der Semilunaren verhindert werden (Hamberger). Dasselbe muss der Fall sein, wenn die Arterienwand ihre Elasticität eingebüsst hat.

150. Sonstige Erscheinungen am Herzen.

I. Grössen- und Formänderungen, bedingt durch die Systolen. Diese Veränderungen sind nicht bedeutend an den Vorkammern, während die Kammern sich merklich verkürzen in ihren Längen- und Breiten-Durchmessern, dagegen wölben im Durchmesser von der Wirbelsäule zum Brustbein. Die systolische Kammer nimmt mehr eine Kegelform an, wobei die Herzspitze sich verschmälert.

II. Ortsveränderung. Während der Kammersystole bewegt sich das ganze Herz etwas von oben und rechts nach abwärts und links. Gleichzeitig erfolgt eine, wenigstens am blossgelegten Thorax und im kräftigen Herzen auffallendere:

III. Drehung der Ventrikel um die Längsaxe (Kürschner), und zwar von links nach rechts, wodurch die linke Kammer mehr zum Vorschein kommt. Die Diastole führt zur Drehung im entgegengesetzten Sinn. Die Abwärtsbewegung (II) und (die von Vielen geläugnete) Drehung kombiniren sich zu einer schraubenartigen Bewegung längs der Brustwand. Die Drehbewegung hängt ohne Zweifel von der Anordnung der Kammermuskulatur ab, namentlich davon, dass viele Fleischfasern von der Kammerbasis aus schief von rechts nach links von der Vorder- zur Hinterfläche des Herzens verlaufen.

IV. Herzstoss. Er ist am deutlichsten fühlbar und, bei irgend stärkerer Herzthätigkeit (z. B. Körperbewegung) oder bei mageren Personen, auch sichtbar, namentlich zwischen der fünften und sechsten Rippe, etwas zur Seite des linken Brustbeinrandes. Der Stoss erfolgt gleichzeitig mit der Kammersystole und dem Arterienpuls. Er entsteht vorzugsweise dadurch, dass die prall und von vorn nach hinten gewölbter werdende systolische Kammer in die nachgiebigen Zwischenrippenräume eingetrieben wird und zwar am deutlichsten mit der der Herzspitze entsprechenden Stelle.

Das ausgeschnittene, auf eine Unterlage gelegte Herz zeigt öfters eine starke Erhebung der Spitze während der Kammersystole. Im unversehrten Thorax kann freilich die Herzspitze nicht bedeutend von der Brustwand zurückweichen, um während der Kammersystole an dieselbe anzuklopfen. Einige Locomotion ist aber immerhin möglich, durch Verdrängung des in kleiner Menge vorhandenen Herzbeutelwassers, ganz besonders aber vermöge des nachgiebigen, mit wechselnden Fettmassen ausgefüllten Zellstoffs, der zwischen dem Thorax und dem von den Lungen nicht bedeckten Theil des Herzens, resp. Herzbeutels liegt. Die ehemalige Erklärung des Herzstosses ausschliesslich durch Anklopfen der Herzspitze an den Thorax war somit falsch.

V. Herztöne. Laennec entdeckte, dass die Herzbewegungen begleitet sind von zwei Tönen, die für die Diagnose gewisser Herzkrankheiten eine hohe Wichtigkeit haben. Der erste, mit dem Herzstoss beginnende, ist dumpfer, tiefer und länger und wird verursacht durch die Vibrationen der gespannten Atrioventricularklappen. Der zweite Ton ist heller, kürzer, höher, er beginnt mit der Kammerdiastole und ist die Folge der Anspannung der Semilunarklappen.

151. Aeussere Bedingungen der Herzbewegungen.

Die Thätigkeit des Herzens ist an die gehörige Blut- und Sauerstoffzufuhr, überhaupt an die allgemeinen Grundbedingungen der Ernährung und des Stoffwechsels gebunden. Diese Bedingungen sind nach dem Tode nicht sogleich aufgehoben; desshalb pulsirt das Herz auch dann noch einige Zeit; ja selbst das ausgeschnittene blutleere Herz fährt fort sich im normalen Rhythmus zu bewegen, und zwar das ausgeschnittene menschliche, wie Versuche an Hingerichteten zeigten, mehrere Minuten hindurch, das der Kaltblüter, z. B. des Frosches, sogar Stunden lang. Die Bewegungen werden aber sehr bald seltener und schwächer, die Diastolezeiten nehmen zu, die Systolen sind in den Vorkammern zahlreicher als in den Kammern, die Gleichzeitigkeit der Systolen des linken und rechten Herzens wird gestört, die Contractionen erfolgen nur partiell, d. h. bloss in eizelnen Muskelbündeln eines Herzabschnittes; zuletzt bewegen sich nur noch die Vorkammern, namentlich die rechte. Mechanische, chemische, galvanische Reize können übrigens auch an dem schon zum Stillstand gekommenen Herzen einzelne Contractionen auslösen.

Die erlahmenden Systolen des ausgeschnittenen Froschherzens werden durch Eintauchen desselben in Blut, durch höhere Wärme und in einer Sauerstoffatmosphäre wieder kräftiger und häufiger, während das Herz unter der Luftpumpe (Tiedemann), in Kohlensäuregas, Schwefelwasserstoffgas u. s. w. mehr oder weniger bald zu schlagen aufhört; alles Erfahrungen, welche zunächst nichts weiter aussagen, als dass ohne Blut- und Sauerstoffzufuhr die Herzbewegungen auf die Dauer nicht bestehen können.

Das javanische Pfeilgift Antiar vernichtet die Herzbewegungen des Frosches in wenigen Minuten vollständig; trotz der mangelnden Blutcirculation ist aber das Thier noch $^1/_4$ Stunde und darüber fähig, sich willkürlich zu bewegen.

152. Herznerven.

Der Plexus cardiacus, der die Herznerven unmittelbar entlässt, erhält seine Fasern zunächst aus zwei Hauptquellen: vom Halstheil des Sympathicus (den verschiedenen Nervi cardiaci) und vom Vagus (und zwar dem Stamme des Nerven und dessen Ramus recurrens).

Werden die Nervi vagi am Halse durchschnitten, so nehmen die Herzschläge sogleich, um das Doppelte und noch mehr, zu. Dagegen bewirkt, nach Ed. Weber und Budge, mässige Erregung der Vagi alsbald eine Verminderung der Zahl der Herzschläge, starke Erregung der Vagi aber vollkommenen Stillstand des Herzens im Zustande der Diastole. Zur Anregung der Vagi dienen die Schläge der Inductionsmaschine oder chemische Reize, z. B. Kochsalz nach Eckhard. Der Stillstand währt verschieden lange Zeit; die Herzbewegungen treten übrigens wieder ein trotz fortgesetzter Vagusreizung. Während der Ruhe ist die Erregbarkeit des Organs nicht aufgehoben; denn nach örtlichen Reizen desselben stellen sich Zuckungen ein. Reizung des verlängerten Markes

oder der obern Halsportion des Rückenmarkes (also der Vagus- und Accessorius-centren) wirkt wie die Erregung des Vagus am Halse; dagegen führt die Abtragung dieser Centratheile nicht immer zu einer Veränderung der Herzpulse.

Ed. Weber betrachtete die Vagusfasern, die zum Herzen gehen, nicht als motorische, weil ihre Reizung keine Verstärkung der Herzbewegungen, sondern das Gegentheil bewirkt. Es bleibe somit nur übrig, die sympathischen Fasern als die eigentlich motorischen des Herzens aufzufassen, dagegen den Vagi einen regulatorischen (hemmenden) Einfluss auf die vom Sympathicus beständig ausgehenden Bewegungsimpulse zuzuschreiben. Nach Durchschneidung der Vagi falle dieser Einfluss weg, daher die Vermehrung der Herzschläge; nach Reizung der Nerven dagegen mache sich die regulatorische Wirkung in Herabsetzung der Herzpulse direct geltend. Weber stellte desshalb eine besondere Classe von Nerven auf, die sog. Hemmungsnerven, deren Reizung unter allen Umständen Verminderung oder vorübergehende Aufhebung von (periodischen) Bewegungen zur Folge habe.

Nach Valentin, Schiff u. A. vermehren aber Vaguserregungen von einer gewissen Schwäche den Herzschlag (und zwar selbst bis gegen 40% in Kaninchen, Moleschott), und erst von einer gewissen Intensität des Reizes an tritt die Minderung ein; die „hemmende“ Wirkung macht sich also nicht unter allen Umständen geltend, ja noch mehr, sie käme gar nicht dem Vagus als solchem zu. Schon Waller leitete die Vagusfasern des Herzens ausschliesslich vom N. accessorius ab. Schiff dagegen schliesst auf verschiedene Wirkungen beider Nerven, denn nach Ausreissung der Accessorii verliert 1) die Reizung der Vagi am Halse ihren Einfluss auf das Herz bald (Waller), während 2) der Puls normal bleibt; durchschneidet man dann die Vagi am Hals, so werden die Herzschläge frequenter (Schiff).

Die Reizung des Halssympathicus hat nach Valentin und Moleschott ähnliche Erfolge wie die des Vagus. Schwache Reize vermehren die Pulsfrequenz (in Kaninchen bis um 1/5), starke mindern dieselbe oder heben die Herzschläge vorübergehend ganz auf. Aehnliche Erscheinungen bietet nach Durchschneidung des Halssympathicus die Ansprache des Nerven unterhalb der Schnittstelle.

153. Bewegungscentren im Herzen.

Die Bewegungen des Herzens sind dem direkten Willenseinfluss entzogen. Da sie auch an dem ausgeschnittenen blutleeren Herzen wahrgenommen werden, so muss die nächste, eigentliche Ursache der Bewegung im Organ selbst gesucht werden. Es ist aber nicht jeder Abschnitt des Herzens fähig, für sich und unabhängig vom Ganzen in rhythmische Contractionen und Erschlaffungen zu gerathen; bestimmte Localitäten im Herzen sind demnach als nervöse Bewegungscentren anzusehen; schneidet oder bindet man diese Stellen ab, so pulsiren sie noch fort, wogegen die abgetrennten Herztheile niederer Dignität in diastolischen Stillstand verfallen (Volkmann, Bidder).

Das Froschherz besteht aus einer rechten Vorkammer, welche zunächst aus einem pulsirenden Venensinus das Venenblut des Körpers, und einer kleineren linken Vorkammer, die das Lungenvenenblut aufnimmt, während die einfache Kammer zunächst einen Bulbus arteriosus abgiebt.

I. Schneidet oder bindet man von der Kammer des Froschherzens die Spitze ab, so pulsirt die Kammerbasis fort; die Spitze aber steht stille, doch kommt sie nach direkter momentaner Reizung in einmalige Contraction. II. Wird der Schnitt oder die Ligatur durch die Grenze der Kammer und Vorkammern geführt, so pulsiren letztere ungestört fort, während die Kammer viel seltener schlägt oder anhaltend erschlafft bleibt. Oertliche Reize, welche die Kammer treffen, veranlassen eine Anzahl aufeinanderfolgender rhythmischer Contrac-

tionen. III. Unterbindet man die Einmündung des Hohlvenensinus in die rechte Vorkammer, so stehen Kammer und Vorkammern längere Zeit diastolisch stille, während der Sinus fortpulsirt (Stannius). Abschneiden des Venensinus wirkt nach Bezold meist ebenso, namentlich wenn die Trennung unter Oel geschieht und dadurch der Luftreiz abgehalten wird (Goltz).

Die abgetrennte Ventrikelspitze reagirt auf den konstanten Strom wie ein gewöhnlicher Muskel, d. h. bloss mit Schliessungs- und Oeffnungszuckungen, während der konstante Strom das ganze Herz, oder Herzstücke von höherer Dignität zu vermehrten rhythmischen Pulsationen veranlasst.

Diese Versuche zeigen, dass die einzelnen Abschnitte des Herzens an Selbstständigkeit ihrer rhythmischen Bewegungen gewinnen in der Richtung gegen die Venen; ähnlich verhält sich auch deren Reizbarkeit. Kleine mikroskopische Herznervenganglien, die durch Geflechte mit einander zusammenhängen, fanden Bidder u. A. in der Scheidewand der Vorhöfe, der Vorhof-Kammergrenze, der Hinterwand der Kammer und im Hohlvenensinus. Man hält sie für Centralapparate der Herzbewegungen; auf Hypothesen, wie die coordinirte Thätigkeit derselben erfolgen möge, kann nicht eingegangen werden. Da die Contractionen vom Venensinus abwärts sich verbreiten, so ist es wahrscheinlich, dass wenigstens der normale Rhythmus der spontanen Herzbewegungen immer vom Sinus aus angeregt werde. Im Säugethierherzen scheinen die einzelnen Abschnitte von einander unabhängiger zu sein; nach Wittich pulsiren einzelne Ventrikelstücke und zwar um so leichter, je mehr von der Kammerscheidewand mit ausgeschnitten wird.

C. Blutbewegung in den Gefässen.

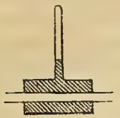
154. Ausdehnung und Zusammenziehung der Arterien.

Jede Kammersystole treibt neue Massen in das, beständig mit Blut gefüllte, Arteriensystem, und zwar schneller als gleichzeitig die Enden des Systemes ihren Inhalt entleeren können in die Venen. Daraus folgt 1) Zunahme des Blutdruckes, 2) schnelleres Fliessen und 3) Ausdehnung der Arterien, deren elastische Wandungen dem stärkeren Blutdruck nachgeben. Hört während der Kammerdiastole die Wirkung des Herzens auf, so ziehen sich die Arterien zusammen, und zwar bis zum Beginn der nächsten Systole. Dadurch wird das Blut in beständiger Vorwärtsbewegung erhalten; die eingreifende Bedeutung der Arterienelasticität besteht also darin, dass sie die bloss stossweis wirkende Kraft der Herzkammern umsetzt in eine kontinuirliche aber stossweis vermehrte Kraft.

Die Bewegungen der Arterien erfolgen in die Quere und in die Länge. Während der Kammersystole wird die Arterie weiter und länger; eine gerade Arterie z. B. nimmt eine leichte Biegung an, die besonders deutlich wird an Gefässen, die auf längere Strecken frei präparirt und von hindernden Nachbar-

theilen befreit werden. Während der Kammerdiastole nimmt das Lumen ab, unter gleichzeitiger Geradestreckung der vorher gebogenen Arterie.

Grössere Arterien erweitern sich etwa um $^1/_{15}$ ihres Lumens, was einigermmaassen stimmt mit der Blutmenge, die durch eine Kammersystole in das Aortensystem eingetrieben wird, und mit der freilich nur beiläufig möglichen Taxation des ganzen arteriellen Blutvorrathes (etwa $^1/_3$ der ganzen Blutmasse).


Fig. 31.

Zur Bestimmung der pulsatorischen Lumenerweiterung brachte Poiseuille eine Strecke einer frei präparirten, sonst aber in ihrer normalen Continuität erhaltenen Arterie in ein, mit einem graduirten Glasröhrchen versehenes Kästchen, Fig. 31. Die hermetische Einfügung des Gefässes wurde durch einen abnehmbaren Deckel des Kästchens ermöglicht. Das Kästchen und das Röhrchen bis zu einer gewissen Höhe wurden mit Wasser gefüllt und aus dem Steigen des letzteren während der Systole die Lumenerweiterung berechnet.

155. Untersuchung des Arterienpulses.

Legt man den Finger so auf eine Arterie, dass dieselbe mässig gedrückt wird, so nimmt man während der Arterienexpansion ein Prallerwerden wahr. Für das Getast sind jedoch die meisten Qualitäten der so flüchtigen Erscheinung des Pulses nicht erkennbar. Zur graphischen Darstellung der letztern dient das Sphygmograph von Vierordt. Die Messingstange *a b* in Figur 32 dreht sich, um die horizontale Axe *c c* in senkrechter Ebene. Ein Stift endet in das

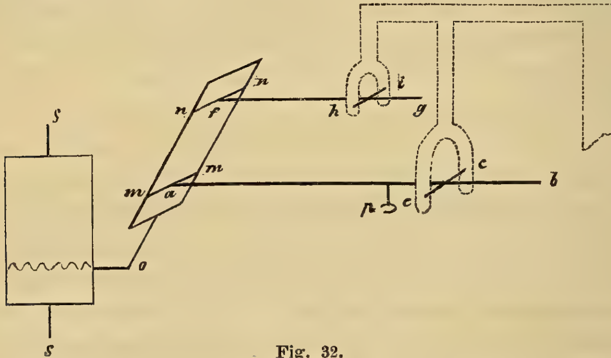


Fig. 32.

Plättchen *p*; letzteres comprimirt etwas die unter ihr liegende Arterie. Bei der Expansion wird demnach das Plättchen *p* ein wenig, das Ende *a* der Messingstange dagegen stark erhoben. Die Bewegungen der Arterien könnten also bei *a* auf ein Papier vergrössert aufgeschrieben werden. Spannt man das Papier auf einen hier (relativ klein gezeichneten) Cylinder, der um die senkrechte Axe *s s* mit gleichmässiger Geschwindigkeit sich dreht (158), so erhält man die Expansionen und Contractionen der Arterie in ihrer zeitlichen Reihenfolge als Pulscurven aufgezeichnet. Das freie Ende *a* der Stange beschreibt aber einen kleinen Kreisbogen; diese Bewegung muss, da das Papier senkrecht steht, in eine vertikale geradlinige umgesetzt werden. Dies geschieht vermittelst des Gegenlenkers *f g*, der sich ebenfalls um eine horizontale Axe *h i* dreht. Die mit den Stangen *f g* und *a b* beweglich verbundenen horizontalen Axen *n n* und *m m* sind mit feinen Spitzen in das viereckige Rähmchen eingelassen, von

von welchem das Stift *o* abgeht, an dem ein Haar befestigt ist. Letzteres schreibt die Pulscurven auf das mit Russ überzogene Papier; der Russ wird später fixirt mittelst eines Firnisses.

Die Träger des Apparates sind nur zum Theil durch punktirte Linien angegeben. Zu Versuchen am Menschen eignet sich ausser der Radialis noch die Cruralis. Die Excursionen des Hebels dürfen eine gewisse Grenze nicht überschreiten, sonst greifen schädliche Eigenschwingungen des oscillirenden Apparates ein (158). Man vermeidet diese sicher, wenn man das Plättchen *p* in einen grösseren Abstand von der Axe *cc* bringt, d. h. wenn man die Pulsbilder verkleinert. Den unumstösslichen Beweis, dass die Eigenschwingungen nicht eingreifen, liefert der aussetzende Puls: das Sphygmograph verzeichnet während desselben eine horizontale Linie (Fig. 35, *i*). Wegen der geringen Kraft des Pulses ist der Apparat leicht gearbeitet; er bedarf, um die Arterie erreichen zu können, einer gewissen, wenn auch nur geringen Belastung mit Gewichten.

Marey hat unlängst einen Sphygmographen angegeben, ebenfalls ein Fühlhebel, der aber lediglich artefacte Pulsbilder aufschreibt; die Expansionszeit des Normalpulses beträgt hier nur $^1/_{20}$ der gesammten Pulsdauer, was total unmöglich ist; Doppelschwingungen in Folge der Eigenvibrationen der schreibenden Feder (also artefacte „dicrotische" Pulse) sind sehr häufig und werden selbst als Regel angesehen!

156. Zeitliche Erscheinungen am Puls.

I. Durchschnittliche Dauer der Einzelpulse, gewöhnlich angegeben als sogenannte Pulsfrequenz, d. h. als Zahl der Pulsschläge in einer Minute (72 im Menschen). Man unterscheidet den häufigen Puls (p. frequens) gegenüber dem seltenen, (p. rarus) [s. die Physiologie des Gesammtorganismus].

II. Schwankungen der Dauern der Einzelpulse. Die Dauern der in einer längeren Reihe aufeinander folgenden normalen Pulse variiren etwa um 37 %, d. h. der längste Schlag dauert 137 Zeittheilchen, wenn der kürzeste = 100 gesetzt wird. Grösser sind diese Variationen beim seltenen Puls; je frequenter also der Puls, desto mehr gleichen sich die Dauern der Einzelpulse. Beim medicinischen Gebrauch der Digitalis, wobei die Pulsfrequenz auf 50, 30, ja noch weniger Schläge sinken kann, können die Pulsdauern um das Dreifache verschieden sein. Die Expansionszeiten der Einzelpulse (Kammersystolen) variiren mehr als die Contractionszeiten.

III. Pulscelerität, d. h. das Verhältniss der Expansionszeit (*e* in beistehenden Figuren) zur Contractionszeit (*c*). Wird erstere = 100 gesetzt, so nimmt die Contraction durchschnittlich 106 Zeittheilchen in Anspruch, die Kammersystole also währt nur ein Minimum kürzer als die Diastole. Beim schnellen Puls (p. celer), Fig. 33 überwiegt relativ die Contractionszeit, (z. B. 136 gegen 100). Beim trägen dagegen (p. tardus) schlägt die Expansionszeit (Figur 34) vor, (z. B. 100 Exp. 80 Cont). Die Pulscelerität ist von der Pulsfrequenz durchaus unabhängig.



Fig. 33.



Fig. 34.



Fig. 35.

IV. Aussetzender Puls. Wir unterscheiden: 1) die wahre Intermission entsprechend einer fortgesetzten Diastole der Herzkammer, und 2) die falsche.

Hier ist eine Kammersystole vorhanden; man spürt an sich, in der Herzgegend, ein Gefühl (während die übrigen normalen Herzschläge keine Empfindungen setzen), aber die Systole ist zu schwach, sie kann das Kammerblut nicht gehörig spannen, also die Aortenklappen nicht öffnen. Wahrscheinlich ist in manchen Fällen der Art der Blutzufluss zum Herzen momentan gemindert. — Abgesehen von Krankheiten, namentlich des Herzens, ist die Pulsintermission keine seltene Erscheinung zur Pubertätszeit und im höhern Greisenalter. Begünstigt wird sie namentlich durch längeres Fasten. Die Intermission dauert (Figur 35 *i*) bei Gesunden meist etwas länger als ein Pulsschlag.

157. Anderweitige Erscheinungen am Puls.

I. Pulsgrösse. Beim grossen Puls wird ein ansehnliches Blutvolum in die Aorta eingetrieben. Im Allgemeinen ist der Puls gross, wenn er selten und träge ist. Klein (und vielfach auch »häufig«) wird er bei geminderter Herzkraft und bei grösseren Widerständen der arteriellen Blutsäule.

II. Doppelschlägiger Puls (dicrotus). Statt eines Schlages empfängt der Finger zwei; der erste ist stärker und länger. Dieser Puls kommt wahrscheinlich nie in allen Arterien zugleich vor. Abgesehen von Krankheiten tritt er, jedoch sehr selten, ein bei Gesunden während des Gehens. Der Dicrotus ist nicht sicher erklärt; gewiss ist, dass ihm keine zwei Kammersystolen entsprechen; wahrscheinlich wird er verursacht durch eine von der Arterienperipherie rücklaufende (?), oder durch eine in einer anderen Arterienprovinz erregte, und in die dicrotischen Arterien eindringende Welle.

Nach Beau kommt der Dicrotus niemals in den Arterien der unteren Gliedmaassen vor. Marey leitetet den Dicrotus der Radialis ab von einer theilweisen Reflexion der Pulswelle an der, ein Stromhinderniss setzenden, Bifurcation der Aorta abdominalis.

III. Pulsspannung. Wird die Fingerspitze nur schwach gegen die Arterie gedrückt, so dass man keine Pulsation wahrnimmt, dann fühlt man die Arterie als einen entweder mehr harten oder mehr weichen Strang; man kann daher je nach der Grösse des Widerstandes auf eine schwächere oder stärkere Spannung der Arterien schliessen. Dieser Strang erscheint gleichmässig gespannt, er verschwindet dem Gefühl keinen Augenblick und ist selbst bei geringster Spannung des Blutes noch wahrnehmbar. Drückt man aber stärker auf die Arterie, so erhält man die Sensation des Pulsirens, wobei nur die Zunahme, nicht aber die Abnahme der Spannung direkt wahrgenommen wird, d. h. während der Spannungsabnahme verschwindet die Arterie dem Getast. Man nennt nun gewöhnlich die an stark gespannten oder schwach gespannten Arterien erfolgenden Stösse »harte» oder »weiche» Pulse, trägt also eine Qualität der Arterie über auf die Beurtheilung des Pulses. Die Sensation, die man während der Spannungszunahme erhält, ist übrigens, wie Marey richtig bemerkt, in der Regel wenigstens, um so geringer, je grösser die mittlere Spannung der Arterie selbst ist.

158. Messung des Blutdruckes.

Die ersten Bestimmungen der Art hat Hales ausgeführt. Er band eine Glasröhre in die Arterie und maass die Höhe, welche das Blut in der senkrechten Röhre erreichte. Sie betrug beim Pferde 8 bis 10 und noch mehr Fusse. Zweckmässig ist es, ehe man das Blut eindringen lässt, die (der Reinigung wegen in einige Stücke zerlegbare und unten mit einem Hahn versehene) Röhre mit einer die Gerinnung verhindernden Salzlösung, z. B. von kohlensaurem Natron zu füllen; der Versuch kann dann viel länger fortgesetzt werden.

Statt der einfachen Röhre wandte Poiseuille ein Manometer an. Der Apparat, Haemodynamometer genannt, besteht aus einer Uförmig gebogenen Glasröhre, Figur 36, deren kürzerer Schenkel bei *c* in eine elastische Röhre *e* übergeht. Letztere ist mittelst eines passenden, mit einem Hahn versehenen Einsatzstückes, verbunden mit dem Blutgefäss *g*. Beide senkrechten Schenkel werden bis zu den Punkten *b* und *a* mit Quecksilber gefüllt; der Raum zwischen *g* und *b* dagegen mit Salzlösung. Dringt, nach Oeffnung des Hahnes, das Blut aus *g* in *e* ein, so sinkt die Hgsäule im kurzen Schenkel, z. B. bis *b'*, während sie in dem gleichweiten, langen Schenkel um eben so viel, bis *a'* steigt. Sehen wir von gewissen Correcturen ab, so ist der Blutdruck ausgedrückt durch die Höhe der Hgsäule von *a'* bis *b'* = der zweifachen Höhe *a* bis *a'*. Durch Multiplication dieser Hgsäule mit 13½ erhält man den Druck ausgedrückt durch eine Blutsäulenhöhe.

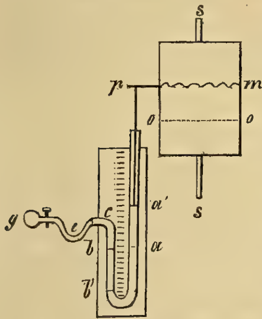


Fig. 36.

Das Quecksilber bewegt sich, ungefähr dem Puls entsprechend, schnell auf und ab. Zur Selbstregistrirung dieser Oscillationen setzte Ludwig auf *a* ein Stäbchen, dessen oberes Ende einen Pinsel *p* trägt. Letzterer zeichnet somit die Hgbewegungen auf einen um die verticale Axe *s s* rotirenden Cylinder (Kymographion), der mit Papier überzogen ist. Ein in der Abbildung weggelassenes Uhrwerk sorgt für gleichmässige Rotation des Cylinders.

Vor Oeffnung des Hahns schreibt der Pinsel eine dem Nulldruck entsprechende Horizontale *o—o* auf das Papier. Die senkrechte *o m*, zweifach genommen, gibt also annähernd den Blutdruck an in Hghöhen.

Die Hgstände sind aber keineswegs reine Ausdrücke der so schnell variirenden Spannungen im Arterienrohr. Die Hgschwingungen hängen nämlich, wie Redtenbacher gründlich zeigte, nicht bloss ab von den wechselnden Blutspannungen, sondern selbstverständlich auch von den Eigenschwingungen des Hg selbst. Diese sind um so grösser und störender, je mehr und je schneller die Blutdrücke variiren. Desshalb entsprechen sowohl die Höhen als Formen der verschiedenen Puls- (und Athem-) wellen häufig nicht entfernt den wirklichen Spannungsänderungen des Blutes (Vierordt). Artefacte Doppelpulse werden oftmals aufgeschrieben, ja selbst mehr Pulswellen, als die Arterie Schläge vollführt. Den Mechanikern ist übrigens die Unexactheit dieser Manometer, sobald sie, wie beim Puls, schnell wechselnde Drücke anzeigen sollen, eine längst bekannte Thatsache.

Eine Verengerung im Manometer setzt den Quecksilberschwankungen Widerstände entgegen und hebt sie selbst auf, so dass bloss noch der mittlere Blutdruck übrig bleibt. Um diesen zu messen, setzt Marey eine Capillarröhre in

den einen Schenkel ein. Setschenow bringt an der Biegungsstelle des Manometer einen Hahn an, mit dessen zunehmender Drehung die pulsatorischen und respiratorischen Druckschwankungen immer kleiner werden, bis sie schliesslich ganz aufhören.

159. Arterieller Blutdruck.

Der mittlere Druck beträgt in der Carotis oder Cruralis, nach den Versuchen von Poiseuille, Ludwig, Volkmann u. A. beim Pferd 280, Hund 150, Kaninchen 70—100 Millimeter Hg. Fische bieten Werthe von 18—40, Frösche von 25 M. m. in den zugänglichen Arterien.

Schwächliche, sowie jüngere Thiere liefern niederere Werthe. In den kleineren Arterien nimmt der Blutdruck allmälig etwas ab; Volkmann fand z. B. bei einem Kalb in der Carotis 116, in der Metatarsea dagegen 89 M. m. Hg. In der Lungenblutbahn ist der Druck viel geringer als im Aortensystem; Ludwig und Beutner erhielten in der Art. pulmonalis 12—30 M. m.; der jedenfalls sehr störende Einfluss der Thoraxeröffnung bei diesem Versuch ist aber nicht zu ermitteln.

Die Blutdruckschwankungen im Arteriensystem zerfallen in 1) periodische. Hierher gehört die Druckzunahme während der Systole, die Abnahme zur Zeit der Diastole der Kammer. Diese Schwankungen hängen natürlich zunächst ab von dem Räumlichkeitsverhältnisse der Blutgefässe und des Dynamometers; sie betragen (die gewöhnlichen Manometergrössen vorausgesetzt) bei mittelgrossen Thieren etwa 5—10 M. m. Hg; sie sind um so geringer, je grösser die Pulszahlen und je kleiner die Arterien. Die respiratorischen Druckschwankungen s. 163. 2) Nicht periodische Schwankungen. Nach Blutverlusten und längerem Hungern sinkt, bei Muskelbewegungen dagegen steigt der arterielle Blutdruck u. s. w.

160. Capillargefässe.

Malpighi beobachtete zuerst unter dem Mikroskop das Fliessen des Blutes in den Capillaren. Man wählt zur Betrachtung des prächtigen Phänomens durchsichtige Theile, den Schwanz der Froschlarve, oder die Schwimmhaut des ausgebildeten Thieres; ausserdem dessen Lunge, Leberrand, Zunge; von den wegen der Kleinheit ihrer Blutkörperchen minder geeigneten Säugethieren etwa das Gekröse, oder die Flügel der Fledermaus. Die scheinbar grosse Geschwindigkeit des Fliessens hängt von der vergrössernden Wirkung des Mikroskopes ab. Eine andere Methode zur Betrachtung des Blutlaufes in den Capillaren der Netzhaut des eigenen Auges s. beim Sehen (452).

Die hydraulisch wichtigsten Eigenschaften der Capillaren sind: 1) die Kleinheit der Durchmesser. Derselbe beträgt durchschnittlich etwa $^1/_{250}$ Linie, an den dickeren Capillaren $^1/_{200}$ bis $^1/_{100}$ und selbst noch mehr; an den engeren $^1/_{400}$''' und noch weniger. Die Durchmesser variiren vielfach nach Körperstellen, aber auch in einem und demselben Organ. 2) Die Länge der Capillaren beträgt durchschnittlich etwa $^1/_5$'''; scharfe Grenzen nach auf- und abwärts gibt es freilich

nicht. 3) Die Zahl der Capillaren in gleichen Volumtheilen Gewebe. Zu den bevorzugtesten Organen gehören z. B. Muskeln, Lunge, Leber. 4) Die Grössen und Formen der Capillarnetze sind (s. die Lehrbücher der mikroskopischen Anatomie) charakteristisch für viele Organe.

An den Strömchen der etwas weiteren Capillaren unterscheidet man die farblose, bloss aus Plasma bestehende Wandschicht, in der das Fliessen, wegen der durch die Gefässwände bedingten Reibung, träger von Statten geht, und die viel schneller fliessende, Blutkörperchen führende Mittelschicht. Das Verhältniss beider Schichten variirt übrigens sehr; nach Poiseuille nimmt durchschnittlich der Querschnitt der farbigen Schicht etwa $^3/_5$ des Gesammtquerschnittes ein.

In den weiten Capillaren haben einige Blutkörperchen neben einander Platz, in den engeren dagegen bewegt sich eines hinter dem anderen, und zwar oft durch längere Zwischenräume getrennt. Durch die engsten Capillaren strömt vorzugsweise Blutflüssigkeit, die Blutkörperchen dagegen nur vereinzelt; dieselben sind elastisch und im Stande, ihre Formen schnellstens zu verändern; sie zwängen sich als längliche Stäbchen durch sehr enge Capillaren hindurch.

161. Venen.

Die Venenwandungen sind schlaff, so dass schon schwache äussere Drücke die Lumina dieser Gefässe vernichten und das Fliessen in denselben aufheben können; die zahlreichen Anastomosen gestatten dann dem Blut Auswege durch anderweitige Bahnen. Ein zu starkes Zurückweichen des Venenblutes verhüten die Klappen. Wenn das Blut vorwärts fliesst, so sind letztere an die Venenwände angelagert; wird es aber zurückgedrängt, so fängt es sich zwischen der Venenwand und den Klappen; diese werden nunmehr zurückgeschlagen und verhüten, indem ihre freien Ränder sich berühren, einen weiteren Rückfluss des Blutes. Die Klappen fehlen in Venen von gewisser Kleinheit, hier sind aber die Anastomosen besonders entwickelt; ebenso in den vor äusseren Drücken geschützten Venen, (z. B. Knochen, Blutleiter der Schädelhöhle); in diesen kämen die Ventile niemals zur Wirkung. Die Klappen funktioniren also da, wo die Venen häufigen, aber vorübergehenden Drücken ausgesetzt sind. Zu letzteren gehören besonders die Muskelcontractionen.

Wird eine bestimmte Stelle einer Vene gedrückt, so fliesst das Blut momentan schneller in dem Venenstück von der Druckstelle an abwärts, während es hinter dem Orte des Druckes bis zur nächsten Klappe staut. Aber selbst jenseits der Klappe findet, trotz der anastomotischen Collateralen, eine, wenn auch nur schwache, Stauung statt. Hört der Druck auf, so ergiesst die prallere Vene ihren Inhalt um so schneller vorwärts. Schnell wechselne Muskeldrücke unterstützen demnach den Venenblutlauf.

Der Blutdruck in den Venen ist sehr viel geringer als in den Arterien; er nimmt ab in der Richtung gegen das rechte Herz. Der mittlere Druck in den dem Herzen näheren Venen beträgt nach Poiseuille und Ludwig $^1/_{20}$—$^1/_{10}$ des Druckes der entsprechenden Arterie. In der Jugularis externa z. B. ist die Blutspannung etwa 5—15, in der Cruralvene 10—30 M. m. Hg. Wird nach Unterbindung benachbarter Venen die venöse Circulation schwieriger, so nimmt der Druck in den freigelassenen Venen zu. Wird aber der ganze

venöse Abfluss aus einem Theil gehemmt, so zeigen die nunmehr prall gefüllten Venen denselben Druck wie die Arterien, wie sich Magendie an der Cruralvene eines Hundes überzeugte.

162. Einfluss der Athembewegungen auf den Blutstrom.

Oberflächliche Athemzüge äussern keine auffallenden Wirkungen auf die Blutcirculation; anders aber verhält es sich, wenn tief und umfänglich geathmet wird. Während der Ausathmung verengt sich der Thorax; die Capazität der Blutgefässe desselben, vor allem der grossen Venen, nimmt dann allmälig ab; dadurch wird zunächst das Fliessen des Venenblutes gegen das rechte Herz hin erschwert. Die dem Thorax naheliegenden Venen, z. B. Jugularis externa, schwellen; das rechte Herz und bei der grossen Geschwindigkeit des Fliessens alsbald auch das linke, empfängt weniger Blut, sodass der Arterienpuls im weiteren Verlauf der Ausathmung kleiner und zugleich etwas seltener wird. Während der Einathmung greifen entgegengesetzte Bedingungen durch; der Brustraum erweitert sich, der auf den Contenta des Thorax lastende Druck wird dadurch zunehmend geringer, die grossen Venen gewinnen an Capazität, sodass die ausserhalb des Thorax liegenden Venen ihren Inhalt leichter gegen das rechte Herz entleeren können; die Venen am Hals u. s. w. schwellen sichtlich ab, das rechte und bald auch das linke Herz werden praller gefüllt und der Arterienpuls gewinnt im Verlauf der Inspiration an Grösse und Frequenz.

Die bezüglichen Erscheinungen können am menschlichen Puls nur mittelst des Sphygmographen genauer nachgewiesen werden, weil sie hier weniger ausgeprägt sind. Vierordt fand für die Pulsgrössen der Ein- und Ausathmung ein Verhältniss von 218 : 191; theilte er jede Ein- und Ausathmung in 2 Hälften, so ergaben sich folgende relative Pulsdauern:

Einathmung		Ausathmung	
I.	II.	I.	II.
1000	977	969	999

Die Exspirationspulse sind demnach um ein Minimum frequenter als die Inspirationspulse.

Die Einathmung wirkt also, wie schon Valsalva behauptete, aspirirend auf das Venenblut, jedoch, nach Poiseuille, nur bis zu einer gewissen Entfernung. Die Ausathmung dagegen verzögert das Fliessen in den dem Thorax nahe liegenden Venen. Die hemmende Wirkung der Exspiration wird übrigens aufgehoben durch die begünstigende der Inspiration; ja noch mehr, indem das Venenblut etwas staut während der Exspiration, steigt dessen Druck und es kann bei der nächsten Inspiration um so leichter vorwärtsfliessen. Energische Athembewegungen befördern demnach die Blutbewegung.

Macht man bei Verschliessung der Nase und des Mundes eine starke Anstrengung zur Ausathmung, so staut, weil das Blut nicht gehörig in die stark gepressten grossen Venen des Brustraumes nachrücken kann, der Inhalt der Hals- und Kopfvenen sogleich; die Füllung der Herzhöhlen nimmt schnell ab, der Puls wird sehr klein. Im höchsten Grade der Wirkung nimmt, wie Ed. Weber's Versuche zeigen, die Blutzufuhr zum Herzen so ab, dass Puls und Herzstoss vollständig aufhören und Ohnmacht eintritt. Das Herz steht übrigens hier keineswegs vollkommen still, wie behauptet wird, sondern seine Systolen sind bloss ausser Stand, den geringen Blutinhalt gehörig zu spannen und denselben in die Arterien auszutreiben.

163. Einfluss der Athembewegungen auf den Blutdruck.

Die aspirirende Wirkung der Einathmung veranlasst ein Sinken des Blutdruckes in den dem Thorax näher liegenden Venen, wogegen der Druck wiederum

steigt während der Exspiration. Sind die Athemzüge sehr tief und stürmisch, so kann der Hg druck in der Jugularis während der Exspiration um 40, selbst 80 M. m. über den Nulldruck steigen, während der Inspiration aber fast ebensoviel unter den Nulldruck sinken, bei welchen starken Schwankungen allerdings die fatalen Eigenschwingungen des Quecksilbers so grobe Fehler einführen, dass die angegebenen Zahlen nicht entfernt die wirklichen Drücke angeben. Jedenfalls ist während der Inspiration der Druck in der Vene erheblich geringer als der der Atmosphäre: ein sog. negativer Druck, sodass durch eine Venenwunde während der Inspiration kein Blut ausströmt, sondern im Gegentheil Luft, durch Aspiration, in die Vene eintritt. Die Luft gelangt zugleich in das Herz und verstopft die Gefässe der Lunge; ein erheblicherer Lufteintritt kann den Tod zugleich zur Folge haben. In die vom Herzen entfernteren Venen, z. B. Cruralis, sind solche Lufteintretungen nicht möglich, indem die genannten aspirirenden Wirkungen der Athembewegungen sich nicht soweit erstrecken.

Während der Ausathmung sind auch die grossen Arterien des sich verengenden Brustkorbes einem zunehmend stärkeren Drucke ausgesetzt; dieser pflanzt sich weiter fort nach den ausserhalb des Brustraumes liegenden Arterien, während zugleich das arterielle Blut stärker fliesst. Im Verlauf der die Einathmung begleitenden Ausdehnung des Thorax nimmt dagegen der auf den Arterien lastende Druck ab, und der arterielle Blutdruck sinkt, unter gleichzeitigem langsameren Fliessen des Blutes. Die Einathmung äussert also auf Arterien und Venen geradezu entgegengesetzte Wirkungen; ebenso verhält es sich mit der Ausathmung. Es greifen aber Compensationsmittel ein, vermöge welcher der arterielle Blutdruck verwickeltere Abhängigkeitsverhältnisse von den Athembewegungen bietet (Valentin, Ludwig). Im Verlauf der Ausathmung empfängt das rechte Herz, bald auch die Aorta, zunehmend weniger Blut (§ 162), desshalb steigt der arterielle Blutdruck nur im Anfang der Exspiration, später sinkt er. Während der Einathmung dagegen werden die Contenta des Thorax, also auch die Aorta, blutreicher; der arterielle Blutdruck sinkt daher nur im Anfang der Inspiration, später steigt er, das Maximum des Druckes wird aber erst am Anfang der Exspiration erreicht. Die Pulscurven verbinden sich mit den viel breiteren Athemcurven, und Ludwig's Kymographion giebt desshalb Zeichnungen wie in Figur 37.



Fig. 37.

164. Gefässmuskeln.

Die Arterien und Venen verändern ihre Lumina nicht bloss passiv, insofern sie als elastische Röhren dem jeweiligen Blutdruck sich accommodiren, sondern auch activ, vermöge der wechselnden Contractionsgrade ihrer Muskelfasern. Diese, dem organischen System angehörenden Fasern sind zunächst abhängig von den Gefässnerven, welche in verschiedenen Nervenbahnen, namentlich auch im

Sympathicus, verlaufen. Nach Durchschneidung des Sympathicus am Hals steigt nach Bernard in der betreffenden Gesichtshälfte die Temperatur, (in Hunden um 3 bis 6 Grade) und die Arterien der operirten Seite (nach Donders auch die der Pia mater) werden dauernd weiter, blutreicher und der Blutdruck in denselben nimmt zu. Nach galvanischer Reizung des Nerven dagegen nimmt die Wärme (etwas) ab und die Arterien werden enger. Diese Versuche sprechen demnach nicht bloss für einen direkten Nerveneinfluss auf die Gefässmuskeln, sondern auch für das ununterbrochene Bestehen dieses Einflusses, wodurch die Gefässmuskeln in beständiger activer Spannung erhalten werden.

Budge bekam Erfolge, wie bei der Bernard'chen Sympathicustrennung, als er entweder die eine Seitenhälfte des untersten Hals- und obersten Brusttheils des Rückenmarkes ausschnitt, oder die vorderen Wurzeln der von dieser Stelle austretenden Rückenmarksnerven trennte. Die betreffenden vasomotorischen Fasern treten also durch die vorderen (nicht die sensibeln hinteren) Rückenmarksnervenwurzeln und die Rami communicantes zum Halstheil des Sympathicus. Die genannte Region des Rückenmarkes ist demnach das Centrum der Contractilität jener Gefässprovinzen. Nach Reizung des unteren Rückenmarkes verengern sich die Gefässe der unteren Extremitäten (Schiff); auch sah Pflüger nach Ansprache der vordern Wurzeln der untersten Rückenmarksnerven des Frosches Verengerung der Arterien der hinteren Extremitäten, besonders in der Schwimmhaut. Die Zerstörung des Rückenmarks in Fröschen bedingt in den Arterien der Schwimmhaut (nach vorübergehender starker Verengerung) eine bleibende Erweiterung (Lister). Die Contractilität, wenigstens gewisser Bezirke des Arteriensystems, hängt demnach in letzter Instanz vom Rückenmark ab. Eine Menge Agentien, z. B. Kälte, Elektricität, viele chemische Verbindungen veranlassen, bei direkter Einwirkung auf die Gefässe Contraction derselben. In den Arterien ist diese Contractilität sehr viel entwickelter als in den Venen; in den Capillaren (und kleinsten Venen) fehlt sie und die Veränderungen der Lumina und der Blutfüllungen der letzteren erfolgen ausschliesslich in passiver Weise. Die activen Spannungsgrade der Arterien zeigen keine rythmischen Variationen; am Puls z. B. ist die organische Contractilität der Arterien nicht betheiligt. Schiff hat jedoch an den Arterien des Kaninchenohres spontane, vom Herzen unabhängige, Contractionen und Expansionen entdeckt. Indem bald in dieser, bald in jener Provinz des Arteriensystems die Contractionen ab-, also die Lumina zunehmen, wird die Contractilität der Arterien ein wichtiger Regulator der Blutzufuhr bald zu diesen, bald zu jenen Körpertheilen, eine Funktion, welche um so wirksamer sich geltend machen kann, als die kleineren Arterien verhältnissmässig contractionsfähiger sind als die grossen.

Wird in Folge gewisser Erkrankungen eine Arterie in ein mehr oder weniger starres Rohr verwandelt, so kann die Blutzufuhr zu dem betreffenden Organ nicht mehr einem vorübergehend gesteigerten Stoffwechselbedürfniss gemäss vermehrt werden; Ernährungsstörungen der betreffenden Theile sind die gewöhnlichen Folgen dieser Anomalie.

D. Blutgeschwindigkeiten und strömende Blutmassen.

165. Strombewegung des Blutes.

Das Blut zeigt zweierlei Bewegungen: die Strom- und Wellenbewegung, eine Unterscheidung, die namentlich E. H. Weber schärfer hervorgehoben hat. Das beständige Strömen aus den Arterien in die Venen ist die Folge des grösseren Blutdruckes in den ersteren. Das Herz ist demnach nicht die nächste Ursache der Strombewegung; letztere dauert auch z. B. beim aussetzenden Puls fort. Die hydraulische Aufgabe des Herzens besteht einfach in der Unterhaltung eines beständigen Druckunterschiedes zwischen dem Arterien- und Venenblut. Dieser wird erreicht 1) durch stossweises Eintreiben von neuem Blut in die Aorta, also durch Erhöhung der arteriellen Blutspannung und 2) durch Aufnahme von Blut aus den Hohlvenen in das rechte Herz, d. h. durch Minderung der venösen Blutspannung.

Gleichheit der Spannung des gesammten Körperblutes kommt im Leben niemals vor, ja sie ist selbst nicht einmal experimentell zu erreichen beim Stillstand des Herzens während der Vagusreizung. Der arterielle Druck nimmt dann zwar bedeutend ab und der venöse steigt etwas (Ludwig); der Gleichgewichtszustand wird aber verhindert, weil die Gefässe des grossen Kreislaufes kein freies Continuum bilden (Venenklappen, Drücke von Aussen u. s. w.), und weil auch das Blut in der Lungenblutbahn für sich bis zu einem gewissen Grad abgeschlossen ist.

Ein einfacher Apparat E. H. Weber's erläutert die genannten Wirkungen des Herzens. Der elastische Behälter *h* (Herz), Figur 38, ist mit 2 Klappen *k* versehen, die dem Wasser den Uebertritt nur in die elastische Röhre *a* (Arterie) gestatten. Eine die Capillarität darstellende Glasröhre *c* enthält einen Schwamm, welcher den Uebertritt von Wasser in die elastische Röhre *v* (Vene) erschwert. Ist der Apparat mit Wasser gefüllt, so sind die Wasserhöhen in den drei eingesetzten Druckmessern gleich; setzt man aber *h* in Thätigkeit durch abwechselndes Zusammendrücken und Nachlassen der Pressung, so steigt allmälig der Druck in *a*, während er in *v* abnimmt. Folgen die Pumpenstösse von *h* rhythmisch auf einander, so tritt ein Beharrungszustand ein, d. h. 1) es fliesst eine gewisse Wassermenge von *h* nach *a*, und zwar soviel als in gleichen Zeiten *h* von *v* empfängt, und 2) es besteht ein permanenter Drucküberschuss in *a*, gegenüber *v*, sodass das Wasser continuirlich aus *a* in *v* überströmt.

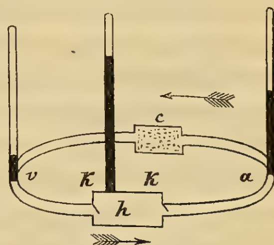


Fig. 38.

166. Wellenbewegung des Blutes.

Jede Systole der linken Kammer erregt durch Eintreiben eines gewissen Blutquantums eine Welle im Aortensystem. Das Anfangsstück des Systems erweitert sich alsbald und der Blutdruck daselbst beginnt zu steigen. Diese Wirkung pflanzt sich rasch weiter gegen die Peripherie des Arteriensystems.

Gleichzeitig erhält das, an sich schon in Vorwärtsbewegung begriffene, Blut einen verstärkten Impuls nach vorwärts. Die Bluttheilchen bewegen sich also in der Richtung der Fortpflanzung der Welle; man bezeichnet letztere als Spannungs- oder positive Welle.

Schliessen die Aortensemilunaren krankhafter Weise nicht, so fliesst während der Kammerdiastole etwas Blut in die Kammer zurück; es erfolgt also wie beim Zurückziehen eines Spritzenstempels aus einer elastischen Röhre, eine Abspannung des Aortensystems und der Blutdruck sinkt. Diese Abspannung wird ebenfalls fortgepflanzt in der Richtung gegen die Arterienperipherie, die Bluttheilchen aber bewegen sich in einer der Fortpflanzung der Welle entgegengesetzten Richtung. Diese Wellen, die im Aortensystem wie gesagt nur krankhafter Weise vorkommen, heissen Erschlaffungs- oder negative Wellen.

Die positiven wie negativen Wellen pflanzen sich durch eine von Kautschukröhren eingeschlossene Wassermasse schnell weiter, etwa um 30 Fuss in 1 Secunde (E. H. Weber). Mit ungefähr ähnlicher Geschwindigkeit propagiren sich die Pulswellen, indem eine dem Herzen nahe Arterie nur um einen kleinen Bruchtheil einer Secunde früher zu pulsiren beginnt als z. B. eine Arterie am Fuss. Die Strombewegung besteht in einer sich bewegenden Masse, die Wellenbewegung dagegen in, durch eine Masse sich propagirenden Veränderungen der Formen, Spannungen und Geschwindigkeiten.

167. Fortpflanzung der Pulswelle.

Zur Versinnlichung der Wellenbewegung in elastischen Röhren diene folgende Ueberlegung. Ein elastischer Schlauch sei, unter einer gewissen Spannung, mit Wasser gefüllt und an dem einen Ende desselben eine mit einem Stempel versehene Röhre befestigt. Eine schnelle Bewegung des Stempels treibe Wasser in den Schlauch, und zwar mit Anfangs wachsender, dann aber bis zur Stempelruhe successiv abnehmender Vorwärtsgeschwindigkeit.

Die Stempelbewegung kann zerlegt gedacht werden in unendlich viele kurze Einzelstösse. Der Einfachheit wegen wird angenommen, jeder Einzelstoss beschränke seine Wirkung zunächst auf das Anfangsstück *a* (Fig. 39 *A*). Der Stoss des ersten Zeitmomentes wird also in *a* eine schwache Ausdehnung und ein Vorwärtsfliessen des vorher ruhenden Wassers bewirken. Würde es bei diesem Stoss verbleiben, so müsste die Zusammenziehung von *a* im nächsten Moment das Stück *b* ausdehnen und das Wasser daselbst zum Vorwärtsfliessen bringen. Gleichzeitig

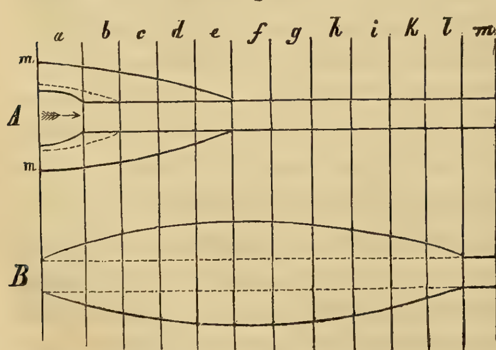


Fig. 39.

aber treibt ein zweiter Stempelstoss neues Wasser in *a* ein, und zwar mit etwas grösserer Geschwindigkeit, als beim ersten Stoss; *a* empfängt also mehr Wasser, als es an *b* abgibt. Die Röhre hat jetzt in den Abschnitten *a* und *b* die Form der punktirten Linie, während sie in *c* u. s. w. noch die frühere Form zeigt. In der Mitte der ganzen Stempelbewewegung erfolgt der stärkste Stoss und damit die stärkste Dehnung von *a*. Die Dehnungen haben sich nunmehr über eine gewisse Strecke der Röhre verbreitet; letztere zeigt die Form *mm*. Abschnitt *e* ist somit bloss unter der Wirkung des ersten, *d* unter der des ersten und zweiten . . . . *a* aber unter der aller fictiven Einzelstösse, die geschehen sind bis zum Maximalstoss. Von *e* an nach rückwärts nehmen demnach die Spannungen und Geschwindigkeiten successiv zu. Der dem maximalen unmittelbar nachfolgende Stempelstoss ist, den Bedingungen gemäss, schwächer; das nach *a* eingetriebene Wasser hat also eine etwas geringere Geschwindigkeit, das von *a* nach *b* übergehende aber das Maximum der Geschwindigkeit. Also kommt *b* jetzt in das Maximum der Dehnung, während *a* etwas enger wird. Im nächsten Moment wird *c* am stärksten gedehnt, *b* zeigt den Zustand, in welchem jetzt *a* sich befindet, *a* wird (der Stempelstoss dieses Momentes ist wieder etwas schwächer geworden) noch enger.

Auf diese Art pflanzt sich der Zustand der stärksten Spannung und Geschwindigkeit, nach dem Schema der Wellenbewegung, gegen das Ende der Röhre weiter, so zwar, dass diejenigen, an der Bewegung bereits Theil nehmenden Röhrenabschnitte, welche vor dem jeweiligen Abschnitte der stärksten Spannung und Geschwindigkeit liegen, von Moment zu Moment Zunahmen ihrer Spannungen und Geschwindigkeiten erfahren, während das Umgekehrte der Fall ist in den Röhrenabschnitten, die hinter der Stelle der grössten Spannung liegen.

Im Momente der Stempelruhe ist der Impuls der fictiven Einzelstösse der ganzen Stempelbewegung fortgepflanzt bis *l* (Fig. 39, *B*), d. h. die Wasser- und Röhrentheilchen von *a* bis *l* repräsentiren in diesem Momente alle Phasen einer Wellenbewegung: wachsende Spannungen von *l* gegen *f*, abnehmende Spannungen von *f* bis *a*. Der Anfang *a* der Röhre hat also jetzt durchgemacht successiv zunehmende Spannungen bis zur Maximalspannung und von da an wieder successiv abnehmende Spannungen bis zum früheren, d. h. vor dem Durchgang der Welle bestandenen Gleichgewichtszustand. Während das Röhrenstück *a* alle diese Veränderungen durchmacht, hat sich die Wellenbewegung fortgepflanzt bis *l*; die Strecke *a*—*l* stellt also die Wellenlänge dar. Man sieht, dass die Wellenbewegung in der Fortpflanzung einer Form, eines Zustandes, durch ein Medium (Masse) besteht, nicht aber in der Fortbewegung einer Masse als solcher.

In der ganzen Strecke *a*—*l* fliesst das Wasser vorwärts, aber mit ungleichen Geschwindigkeiten; am schnellsten nämlich in *f*, von wo aus die Ge-

schwindigkeiten nach vorwärts, wie nach rückwärts successiv abnehmen. Dasselbe ist der Fall mit den Drücken (Dehnungen). Der stärkste Druck in *f* macht sich geltend nach vorwärts und rückwärts: nach vorwärts (von *g* bis *l*) aber im Sinne der Bewegung, also mit dem Ergebniss, dass das Vorwärtsfliessen in jedem Abschnitt allmälig wächst bis zur Maximalgeschwindigkeit. In den Röhrentheilen von *a* bis *e* aber bewegen sich die Wassertheilchen entgegen dem stärkeren Druck; die Folgen also sind Verzögerungen der Geschwindigkeiten. In *a* ist die Geschwindigkeit am geringsten; die Verzögerung bringt demnach das Wasser in *a* im selben Moment zur Ruhe, während letzteres in *b* erst im nächsten Moment geschieht u. s. w. Die Dehnungen also werden successiv in *a, b* u. s. w. vernichtet, während die Welle vorn entsprechend weiter schreitet nach *m* u. s. w.

168. Mittlere Blutgeschwindigkeit in den Gefässen.

Das Blut fliesst in der Carotis nicht zu kleiner Säugethiere mit einer Secundengeschwindigkeit von etwa 1 Fuss (Kalb 232, Hund 261, Pferd 300 Millimeter). In den engeren Arterien aber nimmt die Geschwindigkeit bedeutend ab (z. B. Metatarsea des Pferdes 56 M.m. nach Volkmann). In den Capillaren beträgt die Stromschnelle der Mittelschicht bloss etwa ½ M.m. beim Frosch (E. H. Weber), in Säugethieren etwa 0,8 M.m. in der Secunde. Das Fliessen in der Wandschicht ist nach Weber ungefähr 9—17 mal langsamer, vorausgesetzt, dass das träge Fortrollen der in diese Schicht manchmal übergeworfenen farblosen Blutkörperchen als Maass der Bewegung dieser Schicht gelten darf. In den grösseren Venen endlich beträgt die Blutgeschwindigkeit etwa ½ oder höchstens ¾ von derjenigen der entsprechenden Arterien.

In den Arterien fliesst demnach das Blut allmälig langsamer, in den Capillaren ist die Geschwindigkeit am geringsten, um in den Venen in der Richtung von den Aesten gegen die Stämme wieder zu wachsen. Diese Erscheinungen erklären sich aus den Kaliberverhältnissen des Gefässsystems. Theilt sich eine Arterie, so sind zwar die einzelnen Aeste enger als der Stamm, die Summe aber der Querschnitte der Aeste ist fast ausnahmslos grösser als der Querschnitte des Stammes (Cole). Das Blut strömt also in den Arterien gewissermaassen in einem immer breiter werdenden Flussbett, welches in den Capillaren, alle zu einem Querschnitt vereint gedacht, eine ungeheure Erweiterung bietet, um im Venensystem gegen die Hohlvenen hin allmälig sich wieder zu verengen. Die Stromgeschwindigkeiten in den zusammengelegt gedachten Gefässen gleichen Ranges verhalten sich nothwendig umgekehrt, wie deren Querschnitte.

169. Rhythmischer Wechsel der Blutgeschwindigkeit.

Das Fliessen in den Arterien ist continuirlich, aber stossweise vermehrt. In den grösseren Arterien veranlasst jede Kammersystole eine Beschleunigung (von 20—30 %, Vierordt) der Blutgeschwindigkeit. Diese

systolischen Strombeschleunigungen, sowie die Grösse des Pulses und der Spannungszuwachs des Blutes, nehmen wegen der Verbreiterung des Flussbettes gegen die Peripherie des Arteriensystems allmälig ab; an einer, je nach der Herzthätigkeit veränderlichen, Grenze in den peripheren Arterien hört endlich die Herzwirkung vollständig auf. In den Capillaren fliesst desshalb das Blut gleichmässig und ohne irgend welche pulsatorische Beschleunigungen; noch viel weniger können demnach die Systolen der linken Herzkammer ihre unmittelbaren Wirkungen bis in die Venen ausdehnen. In diesen ist das Fliessen an sich ein continuirliches, aber es machen sich mehrfache Einflüsse (Drücke u. s. w.) geltend, welche hemmend oder beschleunigend eingreifen (161).

Die Athembewegungen, vorrausgesetzt, dass sie ausgiebig sind, verursachen eine zweite Reihe periodischer Variationen der Stromgeschwindigkeiten in den grösseren Gefässen, die schon in 162 erörtert werden mussten.

170. Haemotachometrische Technik.

Zur Messung der Blutgeschwindigkeiten in den grösseren Gefässen dient das Haemodromometer von Volkmann. Eine Metallröhre *m*, Figur 40, mit zwei Hahnen von $1^1/_2$ Bohrung wird eingebunden in das querdurchschnittene Gefäss *aa'*, so dass das Blut bei der Stellung der Hahnen wie in Figur 40, durch *m*, also in normaler Richtung fliesst. In *m* mündet die (in der Figur unverhältnissmässig abgekürzte) haarnadelförmig gebogene, mit Wasser gefüllte Glasröhre *g* mit zwei Oeffnungen. Werden die Hahnen gedreht, so ist der frühere Weg verschlossen (Figur 41) und das Blut legt in wenigen Augenblicken die Bahn durch die Glasröhre zurück.

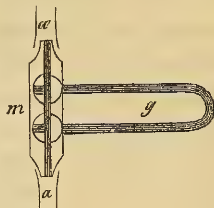


Fig. 40.


Fig. 41.

Das Haemotachometer von Vierordt gestattet längere Beobachtungszeiten. Es besteht, Figur 42, in einem, vor dem Einströmen des Blutes mit Wasser gefüllten Kästchen mit parallelen Seitenwänden von Glas. *a* ist die Einfluss-, *b* die Ausflussmündung. Ein senkrecht herabhängendes Pendelchen wird vom Blutstrom abgelenkt, und zwar um so mehr, je grösser die Geschwindigkeit ist. Das Pendel endet in ein silbernes Kügelchen, welches jederseits mit einer feinen Spitze an die Glaswand jedoch ohne Reibung tangirt. Die Spitzen lassen durch die sonst undurchsichtige Blutschicht die Pendelablenkung erkennen. Jede Kammersystole vermehrt die Ablenkung, so dass an den Oscillationen des Pendels auch die Pulszahlen abgelesen werden können. Der Träger des Apparats ist in der Zeichnung weggelassen.

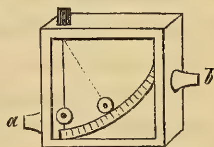


Fig. 42.

Chauveau beschrieb unlängst ein Tachometer, das auf einer unvollkommenen Durchführung desselben Principes beruht. Eine kleine Metallröhre verbindet die durchschnittenen Enden eines Blutgefässes; die Röhre hat ein seitliches Loch, das mit

einem Kautschukplättchen verschlossen wird. Durch das Plättchen wird eine Nadel gesteckt, deren innen eingesenkter Theil vom Blutstrom abgelenkt wird, sodass das äussere Ende die Nadelablenkungen angibt. Der Drehpunkt der Nadel befindet sich hier offenbar unter solchen Verhältnissen, dass weder von einer Bestimmung des (die Ruhe des Fluidum's anzeigenden) Nullpunktes, noch sonst von einer irgend exacten Graduirung die Rede sein kann. Die Nadel ging während der Kammerdiastole in einzelnen Fällen sogar über den Nullpunkt zurück; das Blut müsste also (in grossen Arterien) gegen die Stämme zurückfliessen! Selbst an rein artefacten Doppelschwingungen der Nadel während eines Pulses (wie beim Hämodynamometer, 158) fehlt es nicht.

Die Blutgeschwindigkeit in den Capillaren wird gemessen, indem man die Zeit bestimmt, die ein einzelnes Blutkörperchen braucht, um eine gewisse Strecke im Sehfeld des Mikroskopes zurückzulegen.

171. Umlaufende Blutmasse.

Wir können nunmehr die für den Kreislauf und den gesammten Stoffwechsel so wichtige Frage erörtern, nämlich die Blutmenge, welche in einer gegebenen Zeit in die Aorta eingetrieben wird. Die Secundengeschwindigkeit des Carotisblutes können wir zu 261 M. m. (168) annehmen; der Querschnitt der menschlichen Carotis ist 0,63 □ C. M., also die Durchflussmenge per Secunde 16,4 Cub. Centimeter (s. Figur 43). Der Querschnitt der A. subclavia ist 0,99 □ C. M., die Geschwindigkeit kann unmöglich von der in der Carotis erheblich abweichen, also beläuft sich die Durchflussmenge auf 25,8 C. C. M. Somit fliessen durch die Anonyma in 1 Secunde 42,2 C. C. M. Der Querschnitt der letzteren beträgt 1,44 □ C. M., derjenige der Aorta unmittelbar hinter der Abgabe der Anonyma 4,39 □ C. M. Wäre die Blutgeschwindigkeit in beiden Gefässen gleich, so würde die in einer Secunde durch das genannte Aortenstück fliessende Blutmenge betragen 129 C. C. M. Die Geschwindigkeit im Arcus aortae ist aber grösser, etwa um $^1/_4$; also wäre deren Durchflussmenge 161 C. C. M. Rechnen wir dazu die 42 C. C. M. der Anonyma und 4 C. C. M. für die Coronariae cordis, so hätten wir 207 Cub. Centimeter, = 219 Gramme Blut ausgetrieben in einer Secunde aus der linken Herzkammer. Da auf eine Secunde $1^1/_5$ Systolen fallen, so treibt eine Systole 172 C. C. M. = 180 Gramme Blut aus.

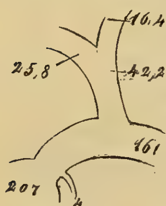


Fig. 43.

In der gleichen Zeit wird dieselbe Masse vom rechten Herzen in die Lungenarterie, oder vom Arteriensystem der Körperblutbahn in das Venensystem übergeführt.

172. Messung der Kreislaufszeit.

Die Zeit, welche das Blut braucht, um einen ganzen Umlauf zu vollenden, wurde zuerst von Hering experimentell an Pferden bestimmt. Derselbe spritzte eine Lösung von Ferrocyankalium in eine Vene, z. B. die äussere Jugulare. Das Injicirte wurde mit dem Blutstrom fortgerissen und das aus der angestochenen

gleichnamigen Vene der anderen Seite auslaufende Blut in Einzelportionen von 5 zu 5 Secunden angesammelt. Der etwa 1 Minute dauernde Versuch ergab demnach 12 Blutproben; diese wurden mittelst Eisenchlorid auf die Anwesenheit von Ferrocyankalium untersucht; diejenige Probe, welche die erste Bläuung zeigte (Berlinerblau), gab die Dauer eines ganzen Kreislaufes an, d. h. die Zeit, die das Blut braucht, um z. B. von der linken Jugularis in's rechte Herz, Lungenblutbahn, linke Herz, und die Aortenverzweigungen zur Jugulare der rechten Seite zu fliessen.

Zur schärferen Bestimmung der Zeiten setzt Vierordt eine grosse Scheibe auf das Kymographion (158), deren Rand mit vielen kleinen Trichterchen versehen wird. Die Rotation der Scheibe beginnt genau mit dem Anfang der Injection des Eisensalzes in die Vene; die Trichterchen sammeln das ausgelaufene Blut an. Jede Einzelprobe entsprach einer halben Secunde.

Aus der angestochenen Vene darf nur eine der normalen Durchflussmenge des Gefässes ungefähr entsprechende Blutmenge auslaufen. Bei sehr trägem Blutlauf, z. B. im Winterschlaf, ist die Methode wohl nicht exact anwendbar.

173. Kreislaufszeiten verschiedener Thiere.

Schon die ungemein schnelle Wirkung gewisser Gifte liess sehr kurze Kreislaufszeiten erwarten. Spritzt man Blausäure oder Strychninlösung in den Kreislauf ein, so treten die Vergiftungssymptome augenblicklich ein. Die durchschnittliche Dauer eines ganzen Blutumlaufes beträgt nach Hering im Pferde 31,5 Secunden; nach Vierordt im Eichhörnchen 4,39, Katze 6,69, Igel 7,61, Kaninchen 7,79, Hund 16,7, Huhn 5,17, Bussard 6,73, Ente 10,64, Gans 10,86 Secunden u. s. w. Die Kreislaufszeiten in den so ungemein verschieden langen Blutbahnen desselben Thieres differiren, wie Hering fand, nur wenig. Vierordt liess das Blut gleichzeitig auslaufen aus zwei verschiedenen Venen, z. B. der rechten Jugularis und einer Cruralis; wurde die Injection in die linke Jugularis gemacht, so betrug im Hunde die Kreislaufszeit der Jugularisbahn 16,32, der Jugularis-Cruralvenenbahn 18,08 Secunden. In den kleinen Gefässen, namentlich den Capillaren, erfolgt das Fliessen am langsamsten; diese Verzögerung ist allen Bahnen gemeinsam, während es bei der bedeutenden Blutgeschwindigkeit in den grossen Gefässen, fast gleichgültig ist, ob ein Theil dem Herzen nahe oder fern liegt.

Die Variationen der Kreislaufszeiten siehe in der speciellen Physiologie. Zunächst hängen die Variationen, in demselben Individuum ab von der Zahl und Grösse der Herzkammersystolen. Nimmt die Pulsfrequenz etwas zu, so wird die Kreislaufszeit ein wenig kürzer, bald aber kommt ein Punkt, wo sie wieder zunimmt, indem bei grösserer Pulsfrequenz die Systolen allmälig weniger ausgiebig werden. Hohe Pulsfrequenzen (z. B. im Fieber) verlängern demnach die Kreislaufsdauer.

174. Abhängigkeit der Kreislaufszeiten von den Pulsfrequenzen.

Die Hauptfactoren des Blutumlaufes: Zahl der Herzschläge, Kreislaufszeiten, Blutdruck und umgetriebene Blutmassen, welche wir bisher bloss für sich

betrachteten, stehen, wie Vierordt zeigte, unter sich in gesetzmässigem Zusammenhange, und zwar in der ganzen Reihe der warmblütigen Thiere, deren Kreislaufsapparate zudem nach demselben morphologischen Grundschema eingerichtet sind.

Die mittlere Kreislaufsdauer einer Säugethier- oder Vogelart ist gleich der durchschnittlichen Zeit, in welcher das Herz 27 Schläge vollendet.

	Körpergewicht (Gramme).	Pulsfrequenz.	Herzschläge während eines Kreislaufes.
Eichhorn	222	320	23,7
Katze	1312	240	26,8
Igel	911	circa 189	23,8
Kaninchen	1434	220	28,5
Hund	9200	96	26,7
Pferd	380000	55	28,8
Huhn	1332	354	30,5
Bussard	693	282	31,6
Ente	1324	163	28,9
Gans	2822	144	26,0

Diese so nahe übereinstimmenden Ergebnisse, welchen zudem noch anderweitige Thierarten sich anschliessen, führen auf eine Kreislaufszeit des Menschen (Pulsfrequenz 72) von 23,1 Secunden. Ein Corollarium des Gesetzes lautet: Die mittleren Kreislaufszeiten der Thierarten verhalten sich wie die mittleren Dauern einer Herzbewegung, oder die mittleren Kreislaufszeiten zweier Thierarten verhalten sich umgekehrt wie deren Pulsfrequenzen. Würde eine Warmblüterspecies eine Pulsfrequenz von 400 haben, so wäre die Kreislaufszeit circa 4 Secunden.

175. Blutmenge des Körpers.

Die vorhergehenden Erfahrungen benützte Vierordt zur Bestimmung der Blutmenge. Während der Dauer eines Umlaufes fliesst alles Blut des Körpers ein Mal durch das linke Herz; die Kammersystolen treiben demnach in allen Warmblütern dieselbe proportionale Blutmenge aus, nämlich $\frac{1}{27}$ der gesammten Blutmasse. Da wir die mittelst einer Kammersystole entleerte absolute Blutmenge kennen (171), so ergiebt sich die absolute Blutmenge des gesammten Körpers unmittelbar. Die Kreislaufszeit des Menschen ist 23,1 Secunden; während dieser vollführt das Herz 27,7 Systolen. Eine Systole treibt 172 C. C. M. Blut aus, also ist die Blutmenge des Menschen = 4760 C. C. M., rund 5000 Gramme. Das durchschnittliche Körpergewicht beträgt 63,6 Kilogramme, also die Blutmenge $\frac{1}{12,6}$ des Körpers. Eine Ventrikelsystole treibt demnach eine Blutmasse aus von $\frac{1}{353}$ des Körpergewichtes. Tragen wir nunmehr diesen letzteren proportionalen Werth auf die Thiere über. Das mittlere Körpergewicht der Kaninchen betrug 1434 Grammen, 1 Systole also würde austreiben 4,06 Gr.; die Kreislaufszeit ist 7,79, auf die letzteren kommen 28,5 Systolen also ist die

Blutmenge des Kaninchens 25,5 × 4,06 = 115 Gramm. = $\frac{1}{12,4}$ des Körpergewichtes. Nach den oben mitgetheilten Versuchsergebnissen berechnet sich die Blutmenge für den Hund zu $\frac{1}{13,2}$, Pferd $\frac{1}{12,3}$, Katze $\frac{1}{13,1}$, Ente $\frac{1}{12,3}$ u. s. w. des Körpergewichtes. Diesen übereinstimmenden Zahlen zufolge beträgt die Blutmenge in den Warmblütern ungefähr $\frac{1}{13}$ des Körpergewichtes.

Eben diese Uebereinstimmung rechtfertigt unsere einzige, bei dieser Rechnung gemachte Voraussetzung: dass die einzelnen Ventrikelsystolen in allen Warmblütern gleiche proportionale Blutmassen durchschnittlich austreiben.

176. Beziehungen der strömenden Blutmengen zu den Pulsfrequenzen.

Die mittleren Kreislaufszeiten zweier Species von Warmblütern verhalten sich umgekehrt wie die durch gleiche Gewichtstheile der Thiere in gleichen Zeiten fliessenden Blutmassen. Woraus wieder folgt: die durch gleiche Gewichtstheile zweier Thierarten in gleichen Zeiten strömenden Blutmassen verhalten sich wie deren Pulsfrequenzen (s. die Tabelle). Je rascher also die Herzschläge, desto intensiver muss, Gleichheit der übrigen Bedingungen vorausgesetzt, die Stoffwechselgrösse einer Thierart sein.

Wir kennen keine Thatsache, dass in Thieren mit hoher Pulsfrequenz (in der Regel Thiere niederer Statur) die Capillaren relativ viel zahlreicher seien; in solchen Thieren aber werden *relativ* sehr bedeutende Blutmassen umgetrieben, also muss auch die Capillarblutgeschwindigkeit in ihnen grösser sein.

	Blutmenge (in Grammen) fliessend in 1 Minute durch		
	1 Kilo Körper.	das Herz.	Pulsfrequenz.
Eichhorn	892	198	320
Kaninchen	620	890	220
Hund	272	2500	96
Mensch	207	13100	72
Pferd	152	58800	55

177. Beziehungen zwischen Blutdrücken und strömenden Blutmengen.

Die mittleren arteriellen Blutdrücke zweier Thierarten verhalten sich wahrscheinlich umgekehrt wie die, in gleichen Zeiten durch gleiche Körpergewichte fliessenden durchschnittlichen Blutmengen (*Vierordt*).

Die grosse Verschiedenheit der durch die Körpergewichtseinheit in verschiedenen Thieren fliessenden Blutmassen führt zur Annahme, diese Blutmassen werden sich umgekehrt verhalten, wie die in dem Gefässsystem der Körpergewichtseinheit sich entwickelnden *Stromhindernisse*. Das Hämodynamometer darf annähernd angesehen werden als ein Messapparat dieser Stromhindernisse; es steht, wenn es dem Herzen möglichst nahe eingesetzt wird, unter dem Einfluss aller stromhemmenden Momente, die sich geltend machen in der ganzen Körperblutbahn. Die Blutdrücke sind übrigens noch nicht allseitig genug untersucht; namentlich muss die Geltung der obigen Aufstellung in Vögeln weiteren Prüfungen anheimgestellt werden.

Aus dem Gesetz würde weiter folgen: die Produkte der arteriellen Blut-

drücke (*a*) in die durch gleiche Körpergewichtstheile in gleichen Zeiten fliessenden Blutmengen (*b*) sind gleich. Z. B.

	a	*b*	*a* × *b*
Pferd	280 M. m. Hg	152	425 . . .
Hund	150 » » »	272	408 . . .
Kaninchen	70 » » »	620	434 . . .

Für den Menschen würde sich (*a* × *b* im Mittel zu 422 gesetzt) ein Blutdruck von 200 Millim. Hg ergeben. Ein Corollarium des obigen Gesetzes wäre: die mittleren arteriellen Blutdrücke verhalten sich wie die mittleren Kreislaufszeiten; sie dürften desshalb etwa in der Reihe der Warmblüter differiren um das 7—8fache.

178. Mechanische Arbeit des Herzens.

Daniel Bernoulli hat zuerst die Arbeit des Herzens nach richtigen Principien berechnet. Die linke Herzkammer treibt in 1 Secunde 219 Gramme Blut aus und überwindet dabei den Widerstand einer Blutsäule von etwa 2½ Metern Höhe (nahezu 200 M.m. Hg.); also ist der Nutzeffect (s. 91) der Kammer in 1 Secunde 0,54 Kilogrammmeter. Die Effecte der übrigen Herzabschnitte zusammengenommen sind ohne Zweifel geringer. Aus dem vorhergehenden Paragraphen folgt: die Nutzeffecte der linken Herzkammer in verschiedenen Thierarten, bezogen auf die Körpergewichtseinheit derselben, sind nahezu dieselben. Für 1 Kilogramm Thier ist der minutliche Nutzeffect der linken Herzkammer etwa 0,48 Kilogrammmeter.

VIII. Verdauung.

179. Aufgaben.

Die unausgesetzten Stoffverluste des Körpers werden ersetzt durch periodische Zufuhren in den Nahrungsschlauch. Je nach ihrem Verhältniss zu den Dauungsthätigkeiten können die Ersatzstoffe getheilt werden in 1) solche, die ohne Weiteres im Nahrungsschlauch aufgesaugt werden, z. B. Wasser; 2) solche die zur Aufsaugung nur einer einfachen Lösung bedürfen, und 3) solche, die erst, nachdem sie chemische Umsetzungen erfahren haben, resorptionsfähig sind. Die letzteren sind die Verdauungsobjecte im engeren Sinn.

Die Funktionen des gesammten Nahrungsschlauches sind zweierlei: 1) Mechanische, ausgeführt von der Muskulatur des Apparates. Sie bezwecken vorzugsweis die Zerkleinerung und das Fortrücken der Speisen, sowie deren innige Vermischung mit den Verdauungssäften und den resorbirenden Oberflächen. 2) Chemische. Diese werden vermittelt durch die, von bestimmten

Drüsen secernirten Verdauungssäfte, welche lösend und umsetzend auf gewisse Nährstoffe wirken. Ihre verdauenden Kräfte verdanken diese Säfte organischen Materien, die nach Art der Fermentkörper, in bestimmteu Nährstoffen chemische Umsetzungen einzuleiten vermögen

A. Nahrungsmittel.

180. Physiologische Eintheilung.

Fast alle Substanzen, welche wir zur Befriedigung unseres Hungers und Durstes, also direkt oder indirekt zur Ernährung des Körpers, dem Verdauungsapparat einverleiben, bestehen aus mehreren, oder selbst vielen chemischen Einzelverbindungen. Man unterscheidet:

1) Eigentliche Nahrungsmittel (Restaurantia). Substanzen, welche in relativ grösseren Mengen Bestandtheile enthalten, die zum Ersatz der Körperverluste verwendet werden können. Diese Bestandtheile (Nährstoffe) sind den normalen Bestandtheilen des Blutes und der Organe gleich oder doch sehr ähnlich, d. h. so beschaffen, dass sie im Körper in jene umgewandelt werden können. Hierher gehören die Eiweisskörper, Fette, eine Reihe von Mineralbestandtheilen und das Wasser. Repräsentanten dieser Gruppen kommen vor in den meisten Säften und den Geweben des Körpers.

2) Ausserdem enthält die Nahrung (der Pflanzenfresser) grosse Mengen sog. Kohlenhydrate. Dieselben bilden aber, da sie nach ihrer Resorption schnell oxydirt werden, nur sehr geringe Procentantheile der Säfte und Organe des Körpers. (Unter Umständen werden sie theilweis nicht oxydirt und wandeln sich in Fette um.) Zu den Restaurantia im obigen Sinn können sie nicht gerechnet werden. Liebig nennt dieselben, weil sie zur Bildung von Respirationsprodukten (Kohlensäure) vorzugsweis beitragen: Respirationsmittel, in welche Categorie er auch die Fette stellt. Letztere sind einerseits Restaurantia im obigen Sinn, (der Körper enthält viel Fett, von dem freilich bei weitem nicht alles als solches bereits in der Nahrung eingebracht wurde) andererseits stehen sie aber auch in enger Beziehung zur Wärmebildung.

3) Verdauungsmittel. Sie unterstützen die Verdauung, indem sie Geruch und Geschmack der Zufuhren verbessern und die Secretion der Verdauungssäfte vermehren. Hierher gehören die Gewürze, vermöge ihres Gehaltes an scharfen, den Geschmack der Speisen corrigirenden und die Secretionen des Nahrungsschlauches anregenden, ätherischen Oelen; sowie das Kochsalz, welches insofern als „Verdauungsmittel" anzusehen ist, als es offenbar weit über den Bedarf als Restaurans von uns aufgenommen wird.

4) Genussmittel. Diese umfassen die Alcoholica und einige, Caffein- oder Theobrominhaltenden Substanzen. Sie werden in relativ kleinen Mengen eingeführt und können selbstverständlich schon desshalb nicht dienen als Stoffersatze des Körpers, wohl aber als Reizmittel für das Nervensystem; als solche

sind sie bei der Mehrzahl der Menschen in Gebrauch gekommen, der hygienisch gerechtfertigt ist bei mässigem Genuss.

181. Chemische Eintheilung der Nährstoffe.

Ihren chemischen Charakteren gemäss, denen übrigens auch bestimmte physiologische Qualitäten entsprechen, zerfallen die Nährstoffe in zwei Hauptgruppen:

I. Unorganische, im Allgemeinen dadurch ausgezeichnet, dass sie im Organismus nicht oder nur wenig verändert werden. Hierher gehören das Wasser und die unorganischen Salze. Sie sind in allen Nahrungsmitteln enthalten, jedoch in verschiedenen Proportionen und Mengen. Bei den Salzen sind hervorzuheben die Basen: Natron, Kali, Kalk, Magnesia, Eisen; die Säuren: Phosphor-, Schwefel-, Kohlen- und Salzsäure.

II. Organische. Diese werden chemisch umgesetzt im Körper; sie verlassen denselben in anderen Formen als sie eingeführt wurden. Man unterscheidet zwei Hauptgruppen:

a) Stickstoffhaltige Nährstoffe.

1) Eiweisskörper: Eiweiss, Blutfaserstoff, Muskelfaserstoff, Globulin, Käsestoff, Kleber, Legumin. Sie dienen zum Ersatz der Eiweisskörper der Säfte und Organe. Von thierischen Nahrungsmitteln zeichnen sich durch ihren Gehalt an Eiweisskörpern aus: Milch, Fleisch, Blut, Hirn, Leber und einige Drüsen, von pflanzlichen vorzugsweis die Getreidearten und Hülsenfrüchte.

2) Blutfarbstoff. Verwendung unbekannt.

3) Leimarten. Sie sind nicht als solche im Körper enthalten, und bilden sich erst beim Kochen der leimgebenden Gewebe. Man unterscheidet den aus Knochen, Sehnen und Bindegewebe darstellbaren Knochenleim (Glutin) und den aus den bleibenden Knorpeln gewinnbaren Knorpelleim (Chondrin).

b) Stickstofflose Nährstoffe.

1) Neutrale Fette (Elain, Butyrin, Margarin, Stearin), in der Milch, Butter, fetten Käsen, Bindegewebe, Hirn, Leber. Viel weniger repräsentirt sind die Fette in den Vegetabilien, am meisten noch in einigen ölreichen Pflanzen.

2) Sogenannte Kohlenhydrate. Sie enthalten Kohlenstoff, Wasserstoff, und Sauerstoff, und zwar letztere im Verhältniss wie im Wasser. Hierher gehören: a) Zuckerarten (Rohr-, Trauben- und Milchzucker), b) Stärkmehlarten. Vor allem das Stärkmehl selbst (viele Wurzeln, Kartoffel, Saamen der Getreidearten und Hülsenfrüchte) und das Stärkegummi (Dextrin), ein häufiger Begleiter des leicht in Dextrin umsetzbaren Stärkmehls, c) Pflanzenschleim, in grösserer Menge in manchen Knollengewächsen und in gewissen Saamen enthalten. d) Pflanzenzellstoff (Cellulose) besonders reichlich in den Kohlarten.

3) Pectinstoffe, die gelatinirenden Bestandtheile fleischiger Früchte und rübenartiger Wurzeln.

4) Organische Säuren, Sauerklee-, Apfel-, Wein-, Milchsäure u. s. w. in untergeordneten Mengen, namentlich in Früchten; endlich:

5) der Alkohol.

182. Hauptsächlichste Nahrungsmittel.

Die vegetabilischen Nahrungsmittel sind, im Vergleich zu den animalischen durchschnittlich ärmer an Eiweisskörpern und sehr arm an Fett; die Leimarten fehlen ihnen gänzlich, während die Kohlenhydrate bedeutend überwiegen. Die Nahrung des Pflanzenfressers ist dem Thierleib minder ähnlich, sowie viel voluminöser und schwerer verdaulich, als die des Fleischfressers, weil die Nährstoffe in Zellen abgelagert sind, deren Cellulose nur langsam gelöst wird. In Zusammenhang damit steht die viel grössere Länge des Darms der Pflanzenfresser, gegenüber den Thieren die von gemischter, oder gar ausschliesslich von animalischer Nahrung leben.

Ein näheres Eingehen auf die wichtigsten Nahrungsmittel ist hier nicht möglich. Die beifolgende Tabelle soll bloss in runden Zahlen eine vergleichende Uebersicht geben über die Procentmengen der hauptsächlichsten Bestandtheile der gewöhnlichsten Nahrungsmittel im Rohzustand und in einigen ihrer wichtigsten Bereitungsweisen.

Nahrungsmittel.	Eiweisskörper.	Leimarten und Leimgebende Gewebe.	Fette.	Amylon, Dextrin, Zucker.	Cellulose.	Extractivstoffe.	Organische Säuren.	Salze.	Wasser.	Alcohol.	Anmerkungen.
Säugethierfleisch	Muskelfaser 16 Eiweiss 2	2	3	. . . .	. . .	2	. . .	1	74	. .	Extractstoffe: Milchsäure, Inosinsäure, Kreatin, Kreatinin, Hypoxanthin. Bei möglichster Extraction werden etwa 3% d. Fleisches ausgelaugt.
Fleischbrühe .	Eiweiss in kleinen Mengen mechanisch beigemengt	0,5	variable Mengen mechanisch beigemengt	. . . .	. . .	0,3	. . .	0,3 ohne den Kochsalzzusatz	$98^1/_2$	. .	
Hirn	Eiweiss 8	. . .	15	. . . .	. . .	?	. . .	1	76		
Leber	Eiweiss 13,5	5	3,5	1—2 Zucker	. . .	4	. . .	1	71		
Kalbsbröschen (Thymus.)	E. 21	6	0,3	. . . .	. . .	1,5	. . .	1	70		
Eigelb (v. Huhn	Vitellin 17	. . .	29	. . . .	. . .	1	. . .	1	52	. .	Das Weisse d. Hühnereies wiegt doppelt so viel als der Dotter.
Eiweiss „ „	Eiweiss 11	. . .	1—2	Spuren Zucker	. . .	2	. . .	0,5	84,5		
Kuhmilch . . .	Casein 4—5 Eiw. 0,2—0,5	. . .	4	Milchzucker 4	. . .	. . .	. . .	0,5	87		
Käse	Casein 33	. . .	24	. . . .	. . .	. . .	. . .	5	38	. .	Ausserd. kleine Mengen flüchtiger Fettsäuren.
Butter	Casein 1,5	. . .	77	. . . .	. . .	. . .	. . .	. . .	21,5		
Weizenmehl .	13 Kleber und Eiweiss	. . .	1	61 Amylon 8 Dext. u. Zuck.	3,5	. . .	. . .	1	12—13		
Weizenkleie . .	16 Kleb. u. Eiw.	. . .	4	40 A. D. u. Z.	21	. . .	. . .	5	14		
Weizenbrod . .	9 Kleb. u. Eiw.	. . .	. . .	33—34 A. 11 D — 2 Z.	. . .	. . .	. . .	1	43		
Roggenbrod . .	9 Kleb. u. Eiw.	. . .	. . .	40 A. D. u. Z.	5	. . .	. . .	1,5	44		
Bohne	22 Legumin u. Eiweiss	. . .	1,5	53 A. D. und etwas Z.	5	3	. . .	2,5	13		
Erbse	23 Leg. u. Eiw.	. . .	2	53 A. D. u. Z.	4	2	. . .	2	14		
Linse	27 Leg. u. Eiw.	. . .	2,5	56 A, D. u. Z.	2	?	. . .	1,5	11		
Kartoffel . . .	1—2 Eiweiss	. . .	1,5	13 Amyl. 2 Dextr.	6	1,5	. . .	1	74		
Gelbrübe . . .	1,5 E.	. . .	0,3	8 Z. u. D.	3	. . .	. . .	1,5	85		
Kohlrabi . . .	2 E.	. . .	0,3	14 D. u. Z.	3	. . .	. . .	2	79		
Apfel	0,5 E.	. . .	. . .	8 Z. u. D.	8 (Cellulose sammt Pectin)	. . .	1	0,5	82		
Birne	0,2 E.	. . .	. . .	7—11 Z. u. D.	4 (Cellulose sammt Pectin)	. . .	kl. Mengen	0,4	84		
Kirsche	0,7 E.	. . .	. . .	8—11 Z.	1,3 (Cellulose sammt Pectin)	. . .	0,5—1	0,7	75		
Traube	0,7 E.	. . .	. . .	15 Zucker	1,5 (Cellulose sammt Pectin)	. . .	0,7	0,5	81		
Wein	. . . .	. . .	. . .	0,5 Z.	. . .	0,3	0,5	0,2	86—92	5—12	Rothwein: Gerbsäure.
Bier	Spuren	. . .	. . .	6 Dextr. (u. Z.)	. . .	. . .	. . .	0,2	90—93	2—5	Bitterer Extractivstoff u. äther. Oel des Hopfens. Variabele Mengen freier Kohlensäure.

B. Verdauungssäfte und deren Wirkungen.

183. Mundflüssigkeit.

Dieses, eine Mischung von Mundschleim und der Secrete der drei Speicheldrüsenpaare darstellende Fluidum ist fast farblos, etwas viscös, ohne Geschmack und Geruch. Es enthält runde sogenannte Speichelkörperchen (abgestossene Epitelzellen, nach Donders namentlich der kleineren Speicheldrüsen), Schleimkörperchen (analoge Körperchen, vorzugsweis aus den kleinen traubenförmigen Drüschen) und öfters zu grösseren Fetzen vereinte Pflasterepitelzellen der oberflächlicheren Lagen der Mundschleimhaut. Die gewöhnlich schwach alcalische Reaction wird stärker während des Essens. Die Flüssigkeit sammt den eingeschlossenen Formbestandtheilen, hat ein specifisches Gewicht von 1005 (1004—1009) und etwa $^3/_4$ Procent feste Bestandtheile. Unter diesen sind hervorzuheben, ausser geringen Mengen von Schleimstoff, der Speichelstoff (Ptyalin), eine stickstoffhaltige, noch nicht rein dargestellte, an Alcali gebundene Fermentsubstanz. Ferner das in keinem anderweitigen Körperbestandtheil vorkommende Rhodankalium (Schwefelcyankalium); dasselbe ist in den meisten Speichelproben nachweisbar durch die rothe Färbung (es entsteht Rhodaneisen) nach Zusatz von neutralem Eisenchlorid (Treviranus). Beide Substanzen gehören wahrscheinlich den Secreten sämmtlicher Speicheldrüsen an. Die unorganischen Bestandtheile (besonders Chloralkalien, phosphorsaure Alkalien, und kleine Mengen von kohlensaurem und phosphorsaurem Kalk) machen etwas über die Hälfte der Fixa der Mundflüssigkeit aus.

Das Secret der Schleimdrüsen des Mundes zeigt die gewöhnlichen Charaktere des Schleimes. Der Ohrspeichel wird rein erhalten mittelst Einführung einer Canüle in den Ausführungsgang, durch nach zufälliger Verwundung an Menschen entstandene oder künstlich an Thieren angelegte Fisteln des Stenonischen Ganges. Das Submaxillardrüsensecret ist weniger alkalisch, aber viscöser und viel reicher an Speichelkörperchen, als der Ohrspeichel. Das Secret der Sublingualis scheint dem ihrer Nachbardrüse ziemlich analog zu sein. Dem Parotissecret werden von Manchen die morphologischen Bestandtheile abgesprochen; in einzelnen Fällen von Fisteln an Menschen wurden sie aber unzweifelhaft erkannt.

184. Nerven der Speicheldrüsen.

Alle drei Speicheldrüsenpaare erhalten Nervenfasern vom Sympathicus, Trigeminus und Facialis. Die Parotis wird versorgt vom (Schläfengeflecht des) Plexus caroticus externus und vom N. auriculo-temporalis des Trigeminus, welcher (s. unten) Beimischungen empfängt vom Facialis. Die beiden unteren Speicheldrüsen erhalten ihre Nerven zunächst vom Ganglion maxillare, dessen Wurzeln abstammen von 1) der Chorda tympani des Facialis, 2) Zweigen des Plexus caroticus externus und 3) dem N. lingualis Trigemini.

Die Speichelbildung wird direkt angeregt von Fasern des Facialis und Sympathicus (Ludwig). Reizt man mittelst der Schläge der Inductionsmaschine z. B. den Submaxillardrüsenzweig des lingualis Trigemini, welcher Fasern von

der Chorda tympani des Facialis aufnimmt, so wird die vorher geringe Secretion bedeutend vermehrt. Ein in den Wharton'schen Gang eingesetztes Manometer zeigt, dass der Druck des in den Drüsencanälen Angesammelten erheblich grösser sein kann als der Blutdruck, ohne dass die Secretion zum Stillstand käme. Mit fortgesetzter Reizung nimmt die Menge des aus dem Ausführungsgang Abfliessenden sehr ab, das Secret wird noch wässeriger und ärmer, namentlich an organischen Bestandtheilen.

Wird der Facialis an seinem Austritte aus dem Foramen stylomastoideum durchschnitten und hierauf die Wurzel des Nerven gereizt, so tritt die Speichelvermehrung gleichwohl ein (Ludwig und Rahn). Die Drüsenzweige gehen also vorher ab, und zwar: 1) durch die Chorda tympani für die zwei kleineren Speicheldrüsen (Schiff und Bernard erhielten bei direkter Reizung der blossgelegten Chorda in Katzen Speichelvermehrung in den genannten Drüsen) und 2) durch den Petrosus superficialis minor zur Parotis (Bernard). Zwischen dem Ganglion geniculatum des Facialis und dem N. petrosus superf. minor (der die Fortsetzung des Jacobson'schen Nerven des Glossopharyngeus darstellt) liegt beim Menschen ein von Arnold beschriebenes Verbindungsästchen. In dieses gehen die „Speichelnervenfasern" aus dem Facialis über, um durch den Petrosus minor und Ganglion oticum (des dritten Astes des Trigeminus) zum Ramus auriculo-temporalis und in die Parotis zu gelangen.

Auch der Sympathicus enthält Speichelnervenfasern. Reizung des Halssympathicus vermehrt nach Ludwig die Absonderung der Submaxillardrüse; das durch den Einfluss dieses Nerven gebildete Secret ist aber zäher und selbst im Stande, den Drüsenausführungsgang zu verstopfen (Eckhard).

Die bei Reizung des Halssympathicus eintretende Minderung der Blutzufuhr zu den Organen des Kopfes derselben Seite (164) beeinträchtigt demnach die Speichelbildung nicht. Nach Bernard fliesst alsdann das Venenblut dunkelroth und in geringer Menge aus der Drüse ab, während es hellroth und in grösseren Massen abfliessen soll, wenn der Facialis gereizt wird.

185. Speichelsecretion.

Ueber die Secretionsgrösse kann keine sichere Angabe gemacht werden, sie scheint übrigens sehr grosse individuelle Verschiedenheiten zu bieten. Bidder und Schmidt schlagen die 24stündige Menge auf nicht weniger als 1500 Gramme an. Die Absonderung der Mundflüssigkeiten erfolgt zwar anhaltend, doch gewöhnlich nur in mässigem Grade. Bestimmte Einwirkungen vermehren dieselbe bedeutend, und zwar in der Regel auf reflectorischem Wege. Die Hauptursachen sind:

1) Reizung der Geschmacksnerven (Glossopharyngeus und lingualis Trigemini) durch in die Mundhöhle eingebrachte Geschmacksstoffe. Die Reizung wird reflectirt auf die Drüsenzweige des Facialis.

Mechanische Reizung des centralen Theils des Glossopharyngeus vermehrt nach Ludwig und Rahn, die Secretion ebenfalls; während diess nicht mehr geschieht nach Ausziehung des Facialis aus der Schädelhöhle.

2) Reizungen der Tastnerven (Trigeminus) der Mundhöhle, z. B. mit scharfen (nicht eigentlich schmeckbaren, s. 459) Stoffen. Dasselbe geschieht nach Reizung des centralen Endes des durchschnittenen Lingualis (Bernard). 3) Einbringen von Speisen in den Magen, selbst direkt durch eine

Magenfistel (Frerichs). Reflexe innerhalb des Sympathicus? 4) Wahrnehmung bestimmter Gerüche.

Ausserdem können gewisse Muskelzustände die Speichelsecretion vermehren; so besonders Kaubewegungen und Sprechen (die kleine Portion des Trigeminus versorgt die Kaumuskeln), sowie die dem Brechakt vorhergehenden, mit Ekelgefühl verbundenen unordentlichen Bewegungen der Muskeln des Hintermundes und Schlundes. Die Vorstellung von Speisen, besonders bei Hungernden, vermehrt die Secretion plötzlich; gewisse Mittel, namentlich Mercurialia, welche Affectionen der Mundorgane setzen, anhaltend und oft in enormem Grade.

186. Wirkungen der Mundflüssigkeit.

Sie befeuchtet die Mundhöhle, verhütet dadurch das Trockenwerden ihrer Wandungen und unterstützt das Schmecken. Die der Verdauung angehörenden Wirkungen sind vorzugsweis 1) Lösung von im Wasser löslichen Stoffen, 2) Einspeichelung, namentlich der trockenen Speisen vor dem Abschlucken; 3) Umsetzung des unlöslichen Stärkemehls ($C_{12} H_{10} O_{10}$) in das isomere, aber lösliche Dextrin und in Traubenzucker ($C_{12} H_{12} O_{12}$) (Leuchs). Diese Wirkung, die übrigens dem Speichel nicht allein zukommt, wird nach Frerichs nicht beeinträchtigt durch verschiedene Zusätze, welche, wie z. B. concentrirter Weingeist, die anderweitigen Verdauungssäfte unwirksam machen. Siedhitze beschränkt die Umsetzung nicht. Die übrigen Nährstoffe erleiden keine chemischen Veränderungen durch die Mundflüssigkeit.

Um diese Wirkung nachzuweisen, versetzt man Speichel mit roher oder, noch besser, gekochter Stärke. Der gebildete Traubenzucker reducirt Kupferoxyd aus mit Kali oder Natron versetzten Lösungen von Kupferoxydsalzen; es entsteht ein gelber Niederschlag von Kupferoxydul (Trommer'sche Zuckerprobe). Die Umwandlung des Amylon geschieht schnell; versetzt man durch Jod gebläute gekochte Stärke mit Speichel, so verschwindet die blaue Farbe sehr rasch (Vintschgau).

Der Ohrspeichel des Menschen setzt Amylon um, nicht aber der des Hundes und mancher anderer Thiere (Lassaigne). Unter allen Umständen aber sind wirksam, ausser der gesammten Mundflüssigkeit, das Secret der zwei kleinen Speicheldrüsen im Verein mit dem Mundschleim (Bidder und Jacubowitsch).

187. Magensaft.

Die Magensecrete sind zweierlei: 1) Schleim, gebildet in den Schleimdrüsen des Magens, sowie durch Abstossung und theilweise Auflösung der Epitelzellen der Schleimhautoberfläche. Wenn das Organ leer ist, so überzieht immer eine dünne Schleimschicht die alsdann blassrothe Schleimhaut. 2) Magensaft, abgesondert von den Labdrüschen. Derselbe ist dünnflüssig, fast farblos, an sich ohne Formelemente (einzelne Labzellen aus den Drüschen sind aber häufig beigemischt), von säuerlich salzigem Geschmack. Er widersteht der Fäulniss sehr lange (Spallanzani) und wird durch Kochen nicht getrübt. Die Reaction ist sauer, bei Fleischfressern jedoch viel mehr als bei Pflanzenfressern, in Folge von Anwesenheit freier Salzsäure (Prout). Das specifische Gewicht ist 1002,5 im

Menschen und 1005 im Hunde, dessen an festen Bestandtheilen reicherer Saft sehr viel stärker sauer reagirt. Nach Bidder und C. Schmidt enthält der menschliche Magensaft bloss etwa ½ Procent Fixa, und zwar pro mille: Pepsin 3, freie Salzsäure 0,2, und Mineralbestandtheile 2 (Verbindungen von Alkalien und Erden mit Chlor und etwas Phosphorsäure). C. Schmidt zeigte, dass der Magensaft viel grössere Chlormengen enthält, als Basen vorhanden sind, um diese zu sättigen, so dass die Anwesenheit freier Salzsäure nicht bezweifelt werden kann.

Der Magensaft wird am besten gewonnen mit Hülfe von Magenfisteln. Diese können zufällig entstehen, z. B. durch Verwundung des Magens (ein Fall der Art wurde zuerst von dem nordamerikanischen Arzt Beaumont wissenschaftlich benutzt); Blondlot legte die ersten künstlichen Magenfisteln an durch Abschnüren eines Stückes Magen. Das Abgeschnürte wird schnell brandig und die Umgebung verheilt mit der Bauchwunde. In die Fistelöffnung wird eine Röhre eingesetzt, aus welcher der Magensaft in einen damit verbundenen Behälter abfliesst.

188. Secretion des Magensaftes.

Das leere Organ sondert keinen Magensaft ab, dagegen beginnt die ausgiebige Secretion einer stark sauren Flüssigkeit schnell nach Einbringen von Speisen in den Magen. Grössere Hunde bilden nach Bidder und Schmidt in 24 Stunden eine Magensaftmenge von nicht weniger als ¹/₁₀ ihres Körpergewichts; diess würde für den Menschen etwa 6½ Kilogramme ergeben.

Vorstellungen können auch auf diese Absonderung wirken. Bidder und Schmidt hielten einem hungernden Thier Speisen vor, worauf aus der Fistelöffnung alsbald Magensaft auslief. Heftige Gemüthsbewegungen sind im Stand, die Magenverdauung (Secretion des Saftes?) vollständig zu stören. Dass die Absonderung unter dem Einfluss des Nervensystems steht, ist unzweifelhaft, wenn gleich alle bis jetzt angestellten Versuche nur zu negativen Ergebnissen geführt haben.

Durchschneidung der Nn. vagi am Halse verändert den Magensaft nicht wesentlich, sondern nur insofern als die Gesammtkonstitution tief alterirt wird (Bidder und Schmidt); aber auch die Trennung der Nerven neben der Cardia (bis zu welcher Stelle dieselben zahlreiche sympathische Fasern aufgenommen haben) ist ohne direkte Wirkungen auf die Secretion (Budge) und die Thiere gehen nicht nothwendig zu Grunde, wenn die Operation ohne Zerrung gemacht wird. Auch vernichtet nach Schiff die beiderseitige Durchschneidung der Nervi splanchnici majores oder die Ausreissung des Plexus coeliacus die Secretion des Magensaftes erst dann, wenn starkes Wundfieber sich eingestellt hat.

Die gewöhnlichste Ursache der Secretion ist unmittelbare Reizung der Magenschleimhaut, welche zugleich blutreich wird und anschwillt. Als Erreger wirken vor Allem die eingebrachten Nahrungsmittel, sowie Gewürze; ja selbst mechanische Reize, z. B. Steinchen, sollen namentlich in hungernden Thieren kleine Secretmengen hervorrufen.

Unerklärlich ist die Abhängigkeit der Grösse und Qualität der Absonderung

von der Beschaffenheit des Mageninhaltes; bei schwerlöslichen Substanzen z. B. ist der Magensaft besonders reichlich und saurer als gewöhnlich.

Nach Schiff begünstigt der Uebergang gewisser Stoffe, Dextrin z. B., in die Blutmasse sowohl die Magenverdauung des Eiweiss als die Verwendbarkeit der Magenschleimhaut zu künstlichen Verdauungsversuchen, und zwar selbst dann noch, wenn jene Stoffe auf andern Wegen, z. B. durch den Mastdarm oder mittelst direkter Infusion in den Kreislauf einverleibt werden.

189. Peptone.

Die verdauende Kraft des Magensaftes bezieht sich ausschliesslich auf die Eiweisskörper, die fertigen Leimsubstanzen (Knorpel- und Knochenleim) und die leimgebenden Gewebe (Bindegewebe, Sehnen, Knochen u. s. w.). Die verdauten Körper heissen Peptone. Was die Eiweisssubstanzen betrifft, so werden 1) die ungelösten, z. B. geronnenes Eiweiss, allmälig gelöst; von den gelöst eingebrachten werden 2) manche, z. B. Casein, gefällt und sodann wieder gelöst, 3) andere dagegen bleiben gelöst, z. B. das flüssige Eiweiss. Im verdauten Zustand, als Eiweisspeptone, bieten sie gewisse Veränderungen, ohne jedoch ihre frühere elementare Zusammensetzung zu verlieren; sie reagiren sauer, gerinnen nicht mehr in der Hitze; von vielen Fällungsmitteln (Alcohol, Gerbsäure, Mineralsäuren, gewissen Metallsalzen, z. B. neutrales essigsaures Bleioxyd, Ferrocyankalium), mit denen sie vorher Niederschläge bildeten, werden nicht mehr präcipitirt; in Wasser sind sie leicht löslich geworden. Die Peptonbildung erfolgt beim Legumin und Casein schneller als beim Kleber und geronnenen Eiweiss (Mulder), auch sind die Peptone der einzelnen Eiweisskörper nicht vollkommen gleich. Die Leimpeptone erstarren beim Erkalten nicht mehr zur Gallerte (Mialhe, Mulder, Lehmann).

Bei der Unkenntniss über die wahre Constitution der Eiweisskörper kann es nicht befremden, dass die Peptone und ihre, nur auf Grund qualitativer Reactionen von verschiedenen Forschern aufgestellten Abarten nichts weniger als chemisch wohl charakterisirte Körper darstellen. Nach Meissner bilden sich aus jedem Eiweisskörper (durch ihre Löslichkeit in Wasser und anderen Lösemitteln sich unterscheidende) Peptonarten als Endprodukte der Verdauung, die nicht etwa durch fortgesetzte Einwirkung des Magensaftes in ein einziges Pepton umgesetzt würden. Derselbe unterscheidet z. B. den Körper, welcher bei erfolgter Lösung des geronnenen Eiweisses und anderer Proteinkörper, nach Neutralisation der sauren Flüssigkeit konstant niederfällt, als sog. Parapepton. Dasselbe ist in Wasser nicht löslich, während das Pepton in Wasser und Säuren gut löslich ist. Meissner erhielt übrigens auch auf anderen Wegen, z. B. durch anhaltendes Kochen in Wasser, mehr oder weniger analoge Körper und ist desshalb nicht geneigt, dem Magensaft specifische Wirkung zuzuschreiben. Brücke bestreitet die Bedeutung jener Peptonabarten als definitive Verdauungsprodukte.

189b. Pepsin.

Der Magensaft verdankt seine verdauende Kraft dem Pepsin und der freien Säure. Eberle zeigte zuerst, dass der wässerige Auszug der Magenschleimhaut einen organischen Körper enthält, welcher bei der Verdauung eine wichtige Rolle spielt. Die Tenacität dieses Körpers ist so gross, dass selbst der getrocknete

Magen nach Monaten noch benützt werden kann (hergebrachte Anwendung des trockenen Laabmagens der Wiederkäuer zur Gerinnung des Caseins der Milch). Schwann isolirte einigermaassen dieses von ihm als specifisch erkannte »Verdauungsprincip«, das er Pepsin nannte, und überzeugte sich von seiner verdauenden Wirkung.

Das Pepsin ist ein weisser Körper, stickstoffhaltig, leicht löslich in Wasser; durch Kochen wird es nicht ausgefällt, verliert jedoch seine verdauende Kraft, durch Alkohol wird es niedergeschlagen, ist aber dann noch in Wasser löslich und wirksam. Aus wässerigen Lösungen wird es gefällt durch viele Metallsalze.

Keine Bereitungsweise vermag ein reines, unter allen Umständen gleichartiges Präparat herzustellen; Eiweiss oder Peptone u. s. w. sind immer beigemischt. Man stellt das Pepsin dar 1) aus (filtrirtem) Magensaft durch Zusatz von rectificirtem Weingeist im Ueberschuss (Payen, Frerichs). Der Niederschlag hält, ausser Pepsin, kleine Mengen Eiweiss und Schleim. Der Niederschlag wird wieder mit Wasser behandelt, wobei letztere Substanzen ungelöst bleiben. Das gelöste Pepsin wird durch Alcohol abermals gefällt und bei mässiger Wärme getrocknet. 2) Aus der Magenschleimhaut eines während der Magenverdauung getödteten Thieres (Schwann, Wasmann u. A.). Der wässerige Auszug der Schleimhaut wird mit essigsaurem Bleioxyd gefällt, der erhaltene Niederschlag (Bleiverbindung des Pepsins) ausgewaschen, mit Wasser versetzt und durch Schwefelwasserstoff zerlegt. Es bildet sich unlösliches Schwefelblei; das wiederum gelöste Pepsin wird mit Alcohol ausgefällt.

Spallanzani stellte zuerst in umfassender Weise Versuche mit Magensaft ausserhalb des Körpers an. Man benutzt dazu 1) den Magensaft selbst; 2) den Wasserauszug der Magenschleimhaut, angesäuert mit etwas Salzsäure (sogenannter künstlicher Magensaft). Die Salzsäure kann auch durch Essigsäure, Milchsäure u. s. w. vertreten werden (Eberle). Diese Vertretung geschieht aber nicht nach chemischen Aequivalenten (Valentin). Dieselbe Schleimhaut ist mehrmals hinter einander zu solchen Auszügen benüzbar (Brücke). 3) Angesäuerte Pepsinlösung, selbst von sehr bedeutenden Verdünnungen. Als zu verdauende Stoffe sind besonders tauglich Stückchen von Fleisch und geronnenem Eiweiss. Die Körperwärme beschleunigt die Auflösung der Stoffe.

Endlich kann man die Substanzen im Magen selbst verdauen lassen, am besten eingeschlossen in kleinen durchlöcherten Röhrchen, die man durch die Fistelöffnung einbringt.

190. Beziehung zwischen Pepsin und Säure.

Zur Verdauung ist unerlässlich das Zusammenwirken der freien Säure und des Pepsins. Die Säure für sich reicht nicht oder doch nicht vollständig aus (Eberle), ebensowenig das Pepsin allein. Nach Neutralisirung der Säure des Magensaftes, oder in nicht angesäuerter Pepsinlösung, werden die Eiweisskörper nicht verdaut, und gehen bald in Fäulniss über. Andererseits hat der Magensaft, als Combination beider Substanzen, das Vermögen, in verdauungsfähigen Körpern, die zu faulen beginnen, den Process zum Stillstand zu bringen und dieselben aufzulösen (Spallanzani). Die zur Verdauung erforderlichen Pepsin- und Säuremengen können innerhalb breiter Grenzen schwanken, jedoch ist bei einem bestimmten Verhältniss die verdauende Kraft am grössten (Schwann). Für geronnenen Blutfaserstoff z. B. ist nach Brücke $\frac{1}{1000}$ Salzsäure die passendste Säuremenge. Bei sonst gleichen Pepsinmengen hat der rohe Kleber viel weniger Säure nöthig, als das Eiweiss und Legumin (Koopmans und Brücke).

Eine bestimmte Menge Magensaft vermag nur eine bestimmte Menge Eiweisskörper zu lösen; nach Zusatz von Säure werden aber weitere Mengen bewältigt (Wasmann). 100 Theile des sehr wirksamen Magensaftes des Hundes z. B. lösen etwa 2—4 Theile geronnenes Eiweiss; kleine Pepsinmengen verdauen also verhältnissmässig grosse Mengen Eiweisskörper. Aufgehoben wird die Wirkung des Magensaftes durch eine grosse Anzahl von Zusätzen, z. B. Mineralsäuren, kaustische Alkalien, Alaun, viele Metallsalze, concentrirter Alkohol, Gerbsäure. Die Gesetze der gewöhnlichen chemischen Affinität machen sich bei der Verdauung der Eiweisskörper nicht geltend, wohl aber bietet das wirksame Princip des Magensaftes einige Analogien mit Fermentkörpern, so dass die Magenverdauung in die Kategorie der Gährungsprocesse gehört.

191. Magenverdauung im Ganzen.

Während der Magenverdauung findet eine allmälige Entleerung des Organes statt und zwar 1) durch Resorption der an sich löslichen oder der löslich gemachten Stoffe von Seiten der Magenschleimhaut (ohne Zweifel mehr in der Pars pylorica) und 2) durch portionenweises Uebertreiben des Mageninhaltes in den Dünndarm, wo die Massen mit neuen Säften: der Galle, dem Bauchspeichel und Darmsaft in Berührung kommen. 3—5 Stunden nach Beginn der Mahlzeit ist die Magenverdauung gewöhnlich beendet und das Organ leer. Kleine Mengen des Eingebrachten treten unter Umständen sehr bald, nach $1/4$—$1/2$ Stunde, in den Dünndarm über, wie W. Busch an einem Individuum beobachtete, das mit einer Fistel im obern Dünndarm behaftet war. In anderen Darmfistelpatienten kamen aber die ersten Portionen des Abgeschluckten erst viel später, nach 3 und noch mehr Stunden zum Vorschein.

Das Pepsin wird in den Labdrüsen keineswegs beständig erzeugt. Unmittelbar nach vollständiger Verdauung einer starken Mahlzeit vermag der leere Magen keine grösseren Eiweissmengen zu verdauen, auch giebt die Schleimhaut alsdann nur eine wenig wirksame künstliche Verdauungsflüssigkeit (Schiff).

Die Resultate der Magenverdauung sind: 1) Verdauung der Eiweisskörper, und zwar vielleicht nahezu vollständig, wenn sie in kleinen Mengen in den Magen gelangen; bei grösseren Mengen geht jedenfalls ein namhafter Theil unverdaut in den Dünndarm über. So fanden Tiedemann und L. Gmelin flüssiges, noch coagulirbares Eiweiss im Dünndarm. 2) Lösung der im Wasser löslichen Substanzen, z. B. viele Salze, Zucker, Gummi. 3) Theilweise Lösung von in Wasser unlöslichen Salzen durch die Magensäure; z. B. Kalksalze, manche Magnesiasalze. 4) Fortsetzung der Speichelwirkung. Bei Amylonhaltiger Nahrung findet sich immer Zucker im Magen (Frerichs); der Magensaft selbst vermag Amylon nicht umzusetzen. Das meiste Amylon geht aber unverändert in den Dünndarm über. 5) Alle übrigen Nährstoffe, namentlich die Fette, werden im Magen nicht verdaut.

192. Galle.

Wir betrachten nur die fertige Galle an sich und ihre Schicksale im Darmkanal, dagegen deren Absonderungsprocess, die Gewinnungsweise durch Gallenblasenfisteln u. s. w. erst in Abschnitt XI.

Die Galle ist gelblichbraun bei Fleischfressern, grünlich bei Pflanzenfressern; von eigenthümlichem Geruch und bitterem Geschmack; von mässiger Vicosität, die übrigens bedeutend zunimmt beim längeren Verweilen in der Gallenblase; an sich ohne Formbestandtheile, sparsame Epitelzellen der Gallenwege und Gallenblase abgerechnet (Thiere mit Gallfisteln zeigen immer catarrhalische Reizung der Gallenblase und desshalb grössere Epitelmengen in ihrer Galle). Die Reaction ist schwach alkalisch oder selbst neutral. Das specifische Gewicht der Blasengalle des Menschen beträgt 1026—1032. In der Blase findet übrigens eine bedeutende Resorption, namentlich von Wasser statt; in der That zeigt das durch eine Fistelöffnung aus der Blase, ohne Aufenthalt daselbst, Auslaufende eine viel geringere Eigenschwere.

Die Blasengalle des Menschen enthält etwa 10 % Fixa (die Fistelgalle von Thieren 3—5 %). Unter diesen sind hervorzuheben 1) sehr variable, meist aber geringe Mengen Schleim; derselbe kommt nicht blos von der Gallenblase, sondern auch von den Gallenkanälen her, deren Schleimhaut nach Theile und E. H. Weber reich an Schleimdrüschen ist. 2) Fette, etwa 1 % (neutrale, verseifte und Cholesterin). 3) Unorganische Salze, gegen 1 %, (Kalk, Magnesia, Kali und besonders Natron, Phosphorsäure, Chlor). 4) Einen specifischen Farbstoff, etwa ½ %; die gelbe Modification desselben (Biliphain) ist ausgezeichnet durch mehrfache, auf Oxydation beruhende, Farbveränderungen nach Zusatz von, etwas salpetrige Säure haltender, Salpetersäure. Das Biliphain ist nach Brücke unlöslich in Weingeist, aber löslich in Chloroform, wogegen die, eine höhere Oxydationsstufe darstellende grüne Modification des Gallenfarbstoffes (Biliverdin) sich umgekehrt verhält. 5) Als die Galle besonders charakterisirend, zu 4—7 %, zwei stickstoffhaltige, an Natron gebundene, gepaarte Säuren, die Strecker näher kennen lehrte: Glycocholsäure und Taurocholsäure (letztere ausgezeichnet durch ihren Schwefelgehalt). Bei Zusatz von Zucker und concentrirter Schwefelsäure färben sich dieselben schön roth (die, mit gewissen Einschränkungen geltende, Pettenkofer'sche Gallenprobe).

Die Glycocholsäure fehlt öfters, z. B. in der Hundegalle, wogegen in gewissen Thieren neue Gallensäuren vorkommen, z. B. im Schwein die Hyocholsäure (ein Analogon der Glycocholsäure) und in kleinen Mengen die Schwefelhaltige Hyocholeinsäure; in der Gänsegalle nach Heintz die Taurochenolsäure.

193. Beziehungen der Galle zur Verdauung.

Der Erguss der Galle hoch oben in den Darmkanal, und zwar besonders zur Zeit der Darmverdauung selbst, lässt auf den ersten Anblick auf umfassende verdauende Kräfte des Secretes schliessen. Die Erfahrung hat aber das Ge-

gentheil ergeben. Die Verdauung der Eiweisskörper wird durch die Galle nicht befördert. Im Gegentheil; gelangt dieselbe in abnormer Weise in grösserer Menge in den Magen, so wird die Verdauung daselbst gestört. Dasselbe ereignet sich bei der Verdauung im Dünndarm, wenn in diesen sich abnorme Gallenmengen ergiessen. Zusatz grösserer Gallenmengen zum Magensaft verhindert die Verdauung der Eiweisskörper im Reagensglas. Thiere mit Gallenblasenfisteln, bei denen sämmtliche Galle nach Aussen abläuft, verdauen die Eiweisskörper in regelrechter Weise. Ebensowenig trägt das Secret zur Verdauung anderer Nährstoffe bei; auf Amylon z. B. ist es wirkungslos und die Fäces von Thieren mit Gallenfisteln enthalten keine unverdauten Amylonmassen.

Eine längst gehegte Ansicht, dass die Galle für die Fette im Darmkanal von Bedeutung sei, hat in neuerer Zeit vielfache experimentelle Bestätigungen gefunden. Brodie sah, dass die bei fettreicher Nahrung durch ihren weissen, fettigen Inhalt ausgezeichneten Chylusgefässe, nach Unterbindung des Gallenganges eine blasse, fettarme Flüssigkeit enthielten. Die chemischen Analysen von Bidder und Schmidt bestätigten den auffallend geringen Fettgehalt des Chylus in Thieren mit Gallenfisteln. Ausserdem haben diese Forscher nachgewiesen, dass in den Fäces solcher Thiere von der mit der Nahrung aufgenommenen Fettmenge über die Hälfte, oft noch viel mehr, unverändert zum Vorschein kommt. Dem entspricht auch die Erfahrung, dass der Körper der Gallfistelthiere auffallend arm ist an abgelagertem Fett. Die Galle verändert übrigens die Fette nicht chemisch, sie spielt also auch hier nicht die Rolle eines Verdauungssaftes im engeren Sinn, wohl aber trägt sie, wie im Abschnitt XI. gezeigt wird, zur Resorption der Fette wesentlich bei.

Alle in diesem § angeführten Erfahrungen lassen freilich streng genommen nur den Schluss zu: die Galle kann ausfallen beim Verdauungsprocess, nicht aber: die Galle ist, wo sie wirken kann, bedeutungslos. Nach Ausschneidung des Pankreas ist die Verdauung keines einzigen Nährstoffes sistirt, und doch läugnet Niemand, dass der Bauchspeichel ein Verdauungssaft sei. Die Rolle des fehlenden Secretes wird ersetzt durch andere Secrete.

Von den supplementären Wirkungen der Galle sind namentlich hervorzuheben: Reizung der Schleimhaut zur stärkeren Secretion (des Darmsaftes? Darmschleimes?) und Bethätigung der peristaltischen Bewegung des Darmes. Uebermässiger Erguss der Galle bedingt in der That Durchfall, gehemmter Erguss dagegen häufig Verstopfung.

194. Bauchspeichel.

Das Secret des Pankreas ist farb- und geruchlos, fadenziehend, ohne Formbestandtheile, stark alkalisch reagirend. Die % Menge der Fixa schwankt bedeutend, nämlich zwischen 1 ½ bis 6, ja selbst in einzelnen Fällen 10 und noch mehr Procenten; niedere Zahlen begleiten die starke, hohe die sparsame Secretion. Ausser den Mineralbestandtheilen (⅕—1 %) ist zu nennen ein stickstoffhaltiger, noch nicht genauer charakterisirter, Fermentkörper, gerinnbar in der Hitze und fällbar durch Alkohol, ohne jedoch dadurch seine Löslichkeit in Wasser zu verlieren.

Regner de Graaf band in den Wirsung'schen Gang eine Röhre ein

und liess das Secret in einem Schlauch sich ansammeln, der erste Fall (1664) einer zu experimentell-physiologischen Zwecken angelegten Drüsenfistel. Permanente Fisteln des Pankreas, die übrigens nur selten gut gelingen, erzielten Ludwig und Weinmann. Einige Zeit nach der Nahrungsaufnahme nimmt die Secretmenge bedeutend zu. Die Angaben Ludwig's, Bidder's, Kölliker's und H. Müller's u. A. über die 24stündige Absonderungsgrösse differiren um nicht weniger als das Vierzigfache, (für den Menschen berechnet zwischen 200 bis 7500 Grammen täglich!). Von Nervenwirkungen auf die Absonderung ist nichts bekannt.

195. Verdauende Kraft des Bauchspeichels.

Die Drüse kann ausgeschnitten werden, ohne dass eingreifende Ernährungsstörungen, oder gar der Tod nothwendig erfolgt. In einzelnen Fällen vollständiger Entartung des Pankreas im Menschen sollen Verdauungsstörungen gleichfalls gefehlt haben.

Während die meisten früheren Forscher jede Betheiligung des Secretes an der Verdauung der Eiweisskörper läugneten, gelangten L. Corvisart und Meissner zu positiven Ergebnissen. Eiweisswürfel, wenn man sie mit dem Secret selbst oder mit Pankreasinfus zusammenbringt, werden gelöst und zu Peptonen umgewandelt.

Ueber diese Beziehungen des Pancreassaftes herrschen viele Widersprüche. Das Pancreasinfus ist nur wirksam von einem während der Verdauung getödteten Thier; das Ferment wird also erst erzeugt, wenn eine genügende Menge im Körper weiter verwendbarer Verdauungsprodukte vom Magen aus in die Säftemasse übergegangen ist (Meissner, Schiff).

Amylon wird schnell umgesetzt in Dextrin und Traubenzucker (Valentin), eine Wirkung, die jedenfalls in Anwendung kommt, da viel unverdautes Amylon in den Dünndarm gelangt. Die Drüse ist übrigens auch in Fleischfressern, deren Nahrung kein Stärkmehl enthält, gehörig entwickelt.

Wird der wässrige Auszug der Drüse (Eberle) oder der Bauchspeichel selbst (Bernard) mit neutralen Fetten geschüttelt, so werden letztere 1) bleibend und noch vielmehr als durch die Galle, in feiner emulsionsartiger Vertheilung erhalten und 2) theilweise in Glycerin und Fettsäuren zerlegt, so zwar, dass die Mischung rasch sauer reagirt (Bernard). Käme diese, im Reagensglas energisch eintretende Fähigkeit des Saftes im Darmkanal zur Wirkung, so müssen die freigewordenen Fettsäuren sich mit den vorhandenen Alkalien verbinden. Die Bedeutung des Bauchspeichels für die Fette wird aber bestritten, denn: 1) nach Unterbindung des Wirsung'schen Ganges ist die Fettaufsaugung nicht gehemmt (Frerichs). 2) Der Chylus von Kühen, in denen Colin und Lassaigne Pankreasfisteln und später Fisteln des Ductus thoracicus anlegten, zeigte nahezu denselben Fettgehalt wie bei Thieren ohne Pankreasfisteln. Zudem wird Bernard's Behauptung, die Fäces solcher Thiere seien ungewöhnlich fettreich, bestritten. 3) Es finden sich keine verseiften Fette in namhafteren Mengen im Darminhalt und Chylus. (Bidder und Schmidt.)

Trotz dieser gewichtigen Erfahrungen ist wenigstens ein Antheil des Bauchspeichels bei der Fettaufnahme nicht vollständig widerlegt. Letzteres wird erst dann der Fall sein, wenn nachgewiesen ist, dass bei Ausschluss des Bauchspeichels keine vermehrte Secretion der Galle erfolge.

196. Darmsaft.

Die Darmschleimhaut bildet, ausser Schleim, ein specifisches Secret: den Darmsaft. Dieser ist vorzugsweise das Produkt der schlauchförmigen Drüschen des Dünndarms; in geringem Grade auch des Dickdarms. Das, ohne Zweifel schleimige, Secret der, nach dem Typus der traubenförmigen Schleimdrüschen des oberen Verdauungstractus gebauten, Brunner'schen Drüsen des Duodenums ist nicht näher bekannt.

Der Darmsaft ist farblos, viscös, stark alkalisch; er enthält Epitelzellen der Darmdrüschen beigemischt. Die Menge der Fixa beträgt 2 — 3 ½ %, darunter eine nicht näher gekannte organische, durch Alkohol fällbare, in Wasser aber wieder lösliche Substanz. Der Darmsaft wird erhalten 1) in unterbundenen und vorher entleerten Darmschlingen (Frerichs); häufig führt aber dieses Verfahren nicht zum Ziel. 2) Durch Anlegung einer Darmfistel (Bidder und Schmidt). Das Auslaufende ist natürlich vermischt mit einer Anzahl fremder Säfte. Die Menge des Secretes ist nicht enfernt zu schätzen.

Die verdauenden Wirkungen des Darmsaftes werden studirt: 1) ausserhalb des Körpers, 2) in abgebundenen Darmschlingen, 3) durch Einbringen von Speisen in durchlöcherten Röhrchen durch die Fistelöffnung, unter Umständen nach Unterbindung des Duodenum, um reinere Resultate zu erhalten (Bidder und Schmidt). Abgesehen von der auch hier sich wiederholenden Emulsionirung der Fette, ist hervorzuheben die Umwandlung des Amylon in Zucker (Frerichs), ganz vorzugsweise aber die vollständige Auflösung der Eiweiskörper (Bidder und Schmidt). Diese wichtige Wirkung zeigt zunächst der mögliehst reine Darmsaft, sie wird aber durchaus nicht aufgehoben durch das Hinzutreten der anderen Verdauungssäfte.

197. Inhalt des Nahrungsschlauches.

Jeder Abschnitt des Apparates ist, vermöge der ihm eigenthümlichen Secretionen, charakterisirt durch bestimmte Thätigkeiten. Letztere setzen sich aber eine gewisse Strecke nach abwärts fort, weil die Secrete selbst, sammt den Speisen, in dieser Richtung weiterrücken. In der Mundhöhle ist der Anfenthalt der Speisen nur kurz, namentlich dann, wenn dieselben gehörig verkleinert und befeuchtet eingebracht werden. Im Magen dagegen weilen sie lange; die Vermischung mit dem Magensaft ist innig; der Inhalt reagirt sauer. Diese Reaktion wird (abgesehen von sauren Zufuhren) stärker in Folge der Bildung von Milchsäure aus gewissen Speisen (201), minder sauer beim Abschlucken grösserer Speichelmassen.

Der in den Dünndarm übergetriebene Mageninhalt, der sogenannte

Speisebrei (Chymus), bestehend aus einer Mischung ungelöster und gelöster Nahrungsstoffe mit Magensaft, ertheilt dem Inhalt des oberen Dünndarms eine saure Reaktion, an der auch die Gallensäuren Theil nehmen können, welche, in Folge der Verbindung eines Theiles der Magensäure mit dem Natron der Galle, frei werden. Die saure Reaktion nimmt noch abwärts ab in Folgen von Beimischung alkalischer Säfte. Im Anfang des Ileums ist die Reaktion meist neutral, weiter abwärts, sowie auch im Dickdarm alkalisch. Saure Reaktion findet sich bei Pflanzennahrung, in Folge von Bildung organischer Säuren, auch im unteren Abschnitt des Dünndarms.

Im Blinddarm zeigt der Inhalt schon Spuren von Kothgeruch, eine eigentliche Verdauung findet hier, sowie im Dickdarm, nicht mehr oder nur in sehr geringem Grade, etwa nach kopiösen Mahlzeiten, statt.

198. Fäces.

Der Anfang des Dickdarmes führt wässerige, der Mastdarm dagegen trocknere und in stärkerer Zersetzung begriffene Kothmassen. Die Fäces enthalten ungefähr 1/4 Fixa und 3 1/2 — 4 % Mineralbestandtheile; sie betragen bei gemischter Kost und mittleren Zufuhrmengen etwa 170 Gramme (60 — 250) in 24 Stunden und steigen nur ausnahmsweise auf 300 bis selbst 500 Gramme. Bei ausschliesslicher Fleischnahrung ist ihre Menge geringer, bei reiner Pflanzenkost viel grösser. Die Consistenz nimmt mit zunehmendem Verweilen im Dick- und Mastdarm, in Folge von Wasserresorption, zu. Der Geruch rührt nach Valentin vorzugsweis von zersetzter Galle her. Die Reaktion soll häufiger (?) sauer als alkalisch sein.

Die Fäces enthalten 1) schwerlösliche oder unlösliche Bestandtheile von Speisen, z. B. Stücke von Sehnen, Fascien, schwerlösliche Salze (namentlich phosphorsaure Magnesia, zu etwa 70 % der gesammten Kothasche; während in neutralen oder alcalischen Fäces der Ammoniakgehalt des Dickdarminhaltes zur Bildung zahlreicher Krystalle von phosphorsaurer Ammoniak-Magnesia Anlass giebt). Fast ganz fehlen dagegen die leichtlöslichen Salze, z. B. Chlornatrium. 2) Bei sehr reichlichen Zufuhren Fragmente unverdauter Nahrungsmittel, z. B. Muskelfasern, Eiweissstückchen. 3) Etwas Schleim, namentlich von der Mastdarmschleimhaut. 4) Zersetzte Galle. Die Untersuchung der Fäces zeigt, dass der grösste Theil der Galle von der Darmschleimhaut wieder aufgesaugt (Liebig), ein anderer Theil aber mit den Fäces ausgeschieden wird und zwar erleidet nach Frerichs die Galle im Darm dieselben Veränderungen, wie nach Einwirkung von Säuren. Durch Kochen z. B. mit Salzsäure werden die specifischen Gallensäuren zerlegt in Cholsäure und in ihre Paarlinge Taurin und Glykocoll (Glycin). Die Cholsäure verwandelt sich unter Abgabe von einem Atom Wasser in Choloidinsäure, und diese bei längerem Kochen unter Abgabe von drei Wasseratomen in Dyslysin, einen in Aether, nicht aber in Wasser löslichen, harzartigen Körper. Im Anfang des Ileums ist bereits etwa

die Hälfte der noch vorhandenen Gallensäuren umgewandelt, am Ende desselben ist die Umsetzung gewöhnlich vollendet. Die Fäces enthalten Dyslysin. Die braune Farbe der Fäces rührt vorzugsweise von Gallenfarbstoff her; dieser ist in Chloroform löslich, welches also die Fäces grossentheils entfärbt.

199. Gase im Nahrungsschlauch.

Sämmtliche Abschnitte desselben enthalten Gase, jedoch in sehr wechselnder Menge. Die Quellen sind 1) mit dem Speichel abgeschluckte atmosphärische Luft; der Sauerstoff derselben wird schnell resorbirt, so dass schon im Dünndarm nur noch Spuren davon enthalten sind. 2) Umsatzprodukte (Kohlensäure und Wasserstoffgas) gewisser Nahrungsmittel (200) und 3) die Blutgase selbst; wenigstens enthält unter Umständen eine abgebundene, mit Gas gefüllte Darmschlinge nach einer bestimmten Zeit Blutgase (Planer). Nach Chevreul und Magendie findet sich im Magen Stickgas und etwas Sauerstoffgas (von der abgeschlukten Luft) und Kohlensäuregas (zum Theil vom Blut herstammend) auch wohl kleine Mengen Wasserstoffgas. Im Dünndarm nehmen Wasserstoff- und Kohlensäuregas zu, das Stickgas wird nicht erheblich verändert; Kohlenwasserstoffgas tritt unter Umständen (?) auf. Letzteres nimmt im Dickdarm zu, wo auch kleine Mengen Schwefelwasserstoff (durch Desoxydation schwefelsaurer Salze oder aus dem Schwefel von Eiweisskörpern namentlich bei animalischer Kost) sich vorfinden.

Nach Planer ist das Kohlenwasserstoffgas ($C_2 H_4$) nur ein Gährungsprodukt der Fäces. — Die Analyse dieser Gasmischungen lehrt natürlich nichts über die Mengen der gebildeten Gase, indem der Austausch mit den Blutgasen ziemlich lebhaft ist. O verschwindet schnell, ebenso Su H; Injection des letzteren in den Mastdarm vergiftet rasch. Planer brachte in eine unterbundene Darmschlinge atmosphärische Luft; nach einiger Zeit war der Inhalt erheblich ärmer an O, aber reich an $\ddot{C}$. Eine mit Hgas gefüllte Darmschlinge führte später N, etwas $\ddot{C}$, ja selbst Spuren von O, während H theilweis resorbirt war.

200. Verdaulichkeit der Speisen.

Sie wird besonders durch zwei Charaktere bestimmt. Gut verdaulich sind diejenigen Speisen, welche verhältnissmässig schnell und möglichst vollständig aufgelöst werden; während das Schwerverdauliche längere Zeit in Anspruch nimmt und häufig auch nicht vollständig gelöst wird, indem bestimmte seiner Bestandtheile leichter, andere schwerer oder nicht löslich sind. Das Schwerverdauliche, namentlich in grösserer Menge genossen, verursacht, auch dem sonst normal Verdauenden, gewisse Beschwerden. Von Einfluss auf die Verdaulichkeit ist, abgesehen von der chemischen Constitution selbst: 1) die Consistenz; stark geronnenes Eiweiss z. B. wird viel schwerer verdaut als locker geronnenes. 2) Feinheit der Zertheilung. Die Kartoffel z. B. wird in Breiform am besten bewältigt. 3) Die Menge des gleichzeitig genossenen Fettes. Dieses verzögert das Eindringen der Verdauungssäfte; daher z. B. die schwierigere Dauung des Schweinefleisches. 4) Die Pflanzencellulose erschwert, namentlich in den dickeren, älteren Zellen, das Eindringen der Säfte in hohem

Grade. Daher wiederum der Nutzen der künstlichen Verkleinerung solcher Substanzen. 5) Die Menge der Speisen. Grosse Massen werden unverhältnissmässig schwerer verdaut, als kleine. Am auffallendsten ist das bei ohnediess schon geschwächter Verdauung. 6) Manche Zusätze: Gewürze, Alkohol in kleineren Mengen, verbessern die Daulichkeit durch stärkere Secretion der Verdauungssäfte. 7) Alles was die Resorption befördert, beschleunigt die Verdauung. 8) Vielfach und oft geradezu unberechenbar ist der Einfluss der Individualität und Gewöhnung. Von Manchen werden einzelne schwerverdauliche Substanzen leicht, oder umgekehrt sonst leicht verdauliches schwer bewältigt. Solche, die an schwere, die Verdauungsthätigkeit stark in Anspruch nehmende Kost gewöhnt sind, können leichtere Speisen unter Umständen nur langsam verdauen. Von einer absoluten Verdauungsfähigkeit eines Nahrungsmittels kann demnach die Rede nicht sein.

Schwer verdaulich sind z. B. Sehnen, Knorpel, Fett und fettes Fleisch, Käse; gut verdaulich: nicht zu frisches Brod, die meisten Fleischarten, Milch und weiche Eier, Kartoffeln, Leim und viele leimgebende Gewebe.

201. Schicksale der Nährstoffe im Verdauungskanal.

I. Eiweisskörper. Ihre Verdauung beginnt im Magen und wird vollendet im Dünndarm. Manche, wie coagulirter Faserstoff und roher Kleber werden leicht, andere, wie geronnenes Casein und Eiweiss langsam gelöst. Das gelöste Casein wird im Magen niedergeschlagen, (bei Milchgenuss gerinnt das Casein im Magen zu Klümpchen, welche nach und nach gelöst werden; während die Fette der Milch unverändert in den Dünndarm übergehen). Gelöstes Eiweiss wird direkt in Pepton verwandelt.

II. Fette. Sie treten im Magen zu Tropfen zusammen, im Dünndarm werden sie nur emulsionirt, nicht chemisch verändert. Geringe Mengen Fett könnten wohl im unteren Dünndarm verseift werden.

III. Kohlenhydrate. Rohrzucker wird nach Bouchardat, Milchzucker nach Lehmann im Magen und besonders im Darm in Traubenzucker umgesetzt; gewisse Mengen Rohrzucker werden jedoch als solche aufgesaugt (Bernard). Vom Stärkmehl wird eine gewisse Menge schon im Mund sowie durch fortgesetzte Speichelwirkung im Magen, das meiste aber erst im Dünndarm in Traubenzucker umgewandelt, und zwar gekochtes Stärkmehl viel schneller als rohes. Traubenzucker selbst, sei er als solcher eingeführt oder erst im Darmkanal entstanden, wird zumeist unverändert aufgesaugt, zum Theil aber auch in Milchsäure und diese wieder in Buttersäure verwandelt, wobei Kohlensäure und Wasserstoffgas sich bilden (2 [$C^6\ H^5\ O^5 + HO$] d. h. 2 Atome Milchsäurehydrat $= C^8\ H^7\ O^3 + HO$ (Buttersäurehydrat) $+ 4\ CO_2 + 4H$). Daher die saure Reaktion des Darminhaltes bei reichlicher Amylonnahrung (Frerichs). Pflanzenschleim wird weder verändert, noch aufgesaugt. Cellulose (namentlich in Kartoffeln und zarteren krautartigen Theilen) wird wohl in kleinen Mengen gelöst (?); Grasfresser aber, in deren Nahrung dieser Bestandtheil sehr

überwiegt, verdauen grössere Mengen und verwandeln diese in Zucker. Henneberg fand in den Fäces des Ochsen kaum die Hälfte der eingeführten Cellulose.

IV. Alkohol wird unverändert aufgesaugt (Bouchardat), Pectin weder chemisch verändert, noch aufgesaugt (Blondlot).

V. Salze. Die meisten in unseren gewöhnlichen Zufuhren enthaltenen Salze werden nicht verändert, sondern als solche resorbirt. Die schwer löslichen, phosphorsaure Magnesia und Kalkverbindungen löst zum Theil die Magensäure. Organischsaure Salze erleiden eine Umwandlung in kohlensaure (Buchheim). Die kohlensauren Salze werden zerlegt durch die Salzsäure des Magensaftes und durch die aus den Amylacea hervorgehende Milchsäure.

C. Mechanische Functionen.

202. Aufnahme von Flüssigkeiten.

Der Mensch benützt: 1) das Saugen. Die Lippen des Säuglings umfassen die Brustwarze, während durch Rückwärtsbewegung der, wie der Stempel einer Saugpumpe wirkenden, Zunge die Luft in der Mundhöhle verdünnt wird. Der auf die Brustdrüse wirkende Luftdruck treibt somit ein Quantum Milch in den luftverdünnten Raum. Zur Bildung des letzteren muss die Nasen- und Pharynxluft, durch die Zunge und das Gaumensegel, abgehalten werden. Das Athmen findet ungestört durch die Nase statt; ist der Mund gehörig mit Milch gefüllt, dann tritt, unter augenblicklicher Unterbrechung der Athemzüge, eine Schluckbewegung ein.

2) Schlürfen. Die Flüssigkeit wird durch Einathmungen in die Mundhöhle aspirirt, während zugleich Luft mit Geräusch eintritt. Die Langsamkeit der Einverleibung gestattet beim Schlürfen ein besonders genaues Schmecken.

3) Trinken. Man lässt die Flüssigkeit durch ihre Schwere in die Mundhöhle laufen. Das gewöhnliche Trinken dagegen steht in der Mitte zwischen dem Schlürfen und dem hastigen Eingiessen.

203. Kauen.

Dasselbe bezweckt die Verkleinerung der Speisen und deren Vermischung mit den Mundflüssigkeiten. Die Zerkleinerung ist den harten, möglichstwenig abnutzbaren Zähnen übertragen. Zum Zerreiben dienen vorzugsweise die breiten Flächen der Backzähne, zum Abbeissen dagegen die meiselförmigen Schneidezähne und, wenn grössere Gewalt nöthig ist, die spitzen Pyramiden der Eckzähne.

Die wichtigste Kaubewegung des Menschen besteht in abwechselndem Entfernen und Anpressen beider Zahnreihen. Die Abwärtsbewegung des Unterkiefers geschieht ohne nennenswerthe Widerstände, durch den Digastricus maxillae und, bei fixirtem Zungenbein, durch die von letzterem zum

Unterkiefer abgehenden Muskeln. Die Aufwärtsbewegung dagegen wird ausgeführt von kräftigen Muskeln (Temporalis, Masseter, Pterygoideus internus), die reichlich innervirt werden von der portio motoria des Trigeminus. Die mechanische Leistung derselben kann sehr gross sein, z. B. Aufknacken von Aprikosensteinen.

Dem Unterkiefer des Menschen sind ausserdem möglich: 1) Seitenbewegungen, beide Pterygoidei ziehen den Knochen nach der entgegengesetzten Seite; 2) Vorwärtsbewegungen, vorzugsweis durch die Pterygoidei externi beiderseits; 3) Rückwärtsbewegungen, durch die innere Schicht der Masseteren und die hinteren Temporalisfasern; 4) Kreisbewegungen, wobei die Condylen des Unterkiefers längs der Peripherie der Gelenkhöhlen bewegt werden. Reine Seitenbewegungen, oder deren Combinationen mit Auf- und Abwärtsbewegungen des Kiefers kommen häufig vor.

Allen diesen Forderungen entspricht das, vermöge specieller Einrichtungen eine Articulation eigenthümlicher Art darstellende, Unterkiefergelenk. Die Höhle besteht aus einer Grube und dem vor dieser gelegenen Tuberculum articulare. Der die Höhle nicht ausfüllende Gelenkkopf hat annähernd eine Walzenform. Der im Gelenkraum verlaufende Zwischenknorpel schmiegt sich bei allen Stellungen des Gelenkkopfes an letzteren an. Der Gelenkkopf bewegt sich somit in einer zunächst nur vom Zwischenknorpel gebildeten, variabeln Pfanne.

Der Kopf steht in der Grube, wenn beide Zahnreihen sich berühren, oder bei nur geringen Abwärtsbewegungen des Unterkiefers. Letzterer rotirt dann um eine Axe, die durch seine beiden Condylen von rechts nach links gezogen und annähernd als konstant betrachtet werden kann. Aber bei nur etwas stärkerem Senken des Unterkiefers findet zugleich ein Vorwärtsziehen des Gelenkkopfes in der Gelenkhöhle durch beide Pterygoidei externi statt, d. h. der Kopf rutscht auf der schiefen Fläche des Tuberculum articulare nach vorwärts und abwärts. Die Drehaxe schneidet beide Aeste des Unterkiefers etwa in einem Punkt, der in der Mitte liegt zwischen der Incisura sigmoidea und dem Winkel des Knochens. Uebrigens ist die Axe nicht konstant im Verlauf der Bewegung. Man kann sich vor dem Spiegel leicht überzeugen, dass der Kiefer beim Oeffnen etwas nach vorn, beim Schliessen nach rückwärts gezogen wird.

Die Zunge, das beweglichste Organ des Körpers, schiebt beim Kauen die Bissen zwischen die Zahnreihen, eine Aufgabe, welche durch die Fasern des Stratum longitudinale vermittelt wird. Gleichen Zwecken dienen die Backenbewegungen.

204. Schlingbewegung.

Man zerlegt den Vorgang in 4 Akte:

I. Beförderung des Bissens zwischen und hinter die vorderen Gaumenbögen. Die Mundhöhle wird verkleinert durch Andrücken des Unterkiefers an den Oberkiefer; sodann wird die Zunge dem harten Gaumen genähert und der Bissen dadurch rückwärts geschoben.

II. Eintreibung in den Schlund. Dieser complicirte Akt wurde besonders von Dzondi und von Bidder untersucht. Die Zungenwurzel erhebt sich (M. m. styloglossi und mylohyoidei, letztere als Abflacher des Bodens der Mundhöhle). Dadurch, und unter Beihülfe der M. m. glossopalatini, welche den Bissen von beiden Seiten fassen, wird derselbe auf der schief nach abwärts und rück-

wärts gerichteten Zungenwurzel in den unteren Theil des Schlundes gedrückt, der sammt dem Zungenbein und Kehlkopf erhoben wird und somit dem Bissen entgegenkommt. Es müssen aber gleichzeitig dem Bissen folgende 3 Auswege verschlossen werden: 1) der Weg nach rückwärts, indem die Zunge an den harten Gaumen sich anlegt und die vorderen Gaumenbögen von beiden Seiten her sich nähern (M. m. glossopalatini); 2) der Weg in den oberen Theil des Schlundes und die Choanen. Das Gaumensegel wird erhoben und gespannt durch die Levatores und Tensores palati, dadurch wird es ein Punctum fixum für die M. m. pharyngopalatini. Contrahiren sich letztere, so nähern sich die hinteren Gaumenbögen von beiden Seiten her vorhangartig und schliesen, sammt dem zwischen ihnen liegenden Zäpfchen, den oberen Theil des Schlundes ab. Die auf diese Weise durch die hinteren Ganmenbögen gebildete Wand giebt dem Bissen nach, indem sie durch denselben nach rückwärts und aufwärts geschoben wird. 3) Der Weg in den Kehlkopf wird verlegt. Das Zungenbein wird nach auf- und vorwärts gezogen (Genio- und Mylohyoideus, vorderer Bauch des Digastricus). Dadurch und mit Beihülfe der Hyothyreoidei folgt der Kehlkopf in derselben Richtung nach, so dass der Kehldeckel zurückgeklappt wird. Gleichzeitig wird auch die Stimmritze durch ihre Verengerer geschlossen.

III. Fortbewegung des Bissens durch den unteren Theil des Schlundes, vermöge der Contraction des mittleren und unteren Constrictors des Pharynx.

IV. Fortbewegung durch die Speiseröhre, vermittelt durch successive Contraction der Ringfasern derselben. Die dem organischen Systeme angehörende Muskulatur der Speiseröhre erhält ihre Nerven vom Sympathicus und Accessorius. Letztgenannte Fasern verlaufen in der Vagusbahn. Desshalb wird nach Durchschneidung der N. n. vagi am Hals der untere Theil der Speiseröhre gelähmt und durch die Speisen ausgedehnt. Daher rührt das manchmal nach dieser Operation vorkommende Erbrechen.

Das Abschlucken geschieht willkürlich, jedoch nur als associirte Gesammtbewegung. Vom 2. Akt an aber haben wir die meisten Einzelbewegungen nicht mehr in der Gewalt. Ist dieser Act eingeleitet, so folgen die übrigen unaufhaltsam nach. Grosse Bissen werden schwieriger abgeschluckt; bei sehr kleinen, z. B. Pillen oder beim leeren Schlucken sind schnelle Wiederholungen der Bewegung mit Schwierigkeiten verbunden.

205. Magenbewegung.

Während der Verdauung bietet der Magen: 1) Formveränderungen. Sein Volum nimmt bedeutend zu, jedoch nicht gleichmässig; die Pylorushälfte z. B. weniger als die Cardiahälfte. 2) Lageveränderungen. Die grosse Krümmung ist mehr nach vorn, die kleine mehr nach rückwärts gerichtet.

Die dicken Muskelmägen vieler körnerfressenden Vögel sind bedeutender mechanischer Wirkungen fähig (Réaumur, Spallanzani). Der Magen des Truthanes z. B. vermag Blechröhrchen, die erst durch ein aufgelegtes Gewicht von etwa 80 Pfd. gebogen werden, in 1 — 2 Tagen platt zu drücken. Die dünn-

wandigen Mägen dagegen pressen ihren Inhalt verhältnissmässig nur wenig, wobei sie denselben zugleich langsam hin- und herbewegen und dadurch der Wirkung des Magensaftes zugänglicher machen. Ein durch die Oeffnung einer Magenfistel eingebrachtes Stäbchen zeigt nach Beaumont regelmässige Rotationen, aus welchen Derselbe auf eine Bewegung des Mageninhaltes längs der grossen Curvatur von links nach rechts und entlang der kleinen Curvatur von rechts nach links schliessen möchte. Eine solche Rotation soll angeblich 1 bis 3 Minuten in Anspruch nehmen.

Im Verlauf der Magenverdauung öffnet sich der Pförtner von Zeit zu Zeit, wodurch der sog. Speisebrei portionenweis in den Zwölffingerdarm gelangt. Die Abhängigkeit der Magenbewegung vom Nervensystem ist nicht näher gekannt; weder die Durchschneidung der Vagi, noch die Exstirpation des Plexus coeliacus verhindert die Magenbewegung (Budge).

206. Darmbewegung.

Betrachtet man nach Eröffnung der Bauchhöhle eine bestimmte Stelle des Darmes, so bemerkt man: 1) abwechselnde Verengerungen und Erweiterungen, also Contractionen und Erschlaffungen der musculösen Ringfaserschicht und 2) unter Umständen kleine, in der Längsrichtung des Darmes geschehende, also von Wechselzuständen der longitudinalen Muskelfasern herrührende, Auf- und Abwärtslocomotionen. Diese Bewegungen, von welchen die circulären weitaus die wichtigsten sind, geschehen mit einer gewissen Langsamkeit, zeigen übrigens sowohl in ihrer zeitlichen Aufeinanderfolge, als dem Grad nach, grosse Verschiedenheiten. Immer ist dieses Wechselspiel gleichzeitig an vielen Stellen des Darmes vorhanden, daher der Name: wurmförmige, peristaltische, Bewegung. In Pflanzenfressern ist die Erscheinung viel auffallender als in Fleischfressern; das Kaninchen z. B. zeigt eine lebhafte, der Hund eine sehr schwache Peristaltik. Der Luftreiz in Folge der Eröffnung der Bauchhöhle, namentlich aber die Hemmung der Blutzufuhr zum Darm (Schiff), also z. B. die Unterbindung der Aorta, verstärkt die Bewegung bedeutend und breitet sie über den ganzen Darm aus. Desshalb ist dieselbe kurze Zeit nach dem Tode besonders stark; bei abgemagerten Individuen, namentlich Kindern, dessgleichen an Darmparthien in grossen Bruchsäcken, kann übrigens die Peristaltik durch die Bauchdecken fühlbar und selbst sichtbar werden. Ihre mechanische Wirkung besteht in einer langsamen Abwärtsbewegung des Darminhaltes. Der Dickdarm bietet analoge, jedoch minder lebhafte Erscheinungen. Die Bauhin'sche Klappe am Dünndarmende giebt nach in der Richtung gegen den Dickdarm, dagegen legen sich ihre beiden Falten sogleich aneinander, wenn die im untersten Theil des aufsteigenden Dickdarmes befindlichen Massen einen Druck erleiden. Dadurch wird das Zurückweichen des Fäces in den Dünndarm verhütet.

Die Nerven des Darmkanals gehören dem Sympathicus an: der Plexus mesaraicus inferior versorgt den absteigenden Dickdarm und Mastdarm; der

Plexus mesaraicus superior, als unmittelbare Fortsetzung des Plexus coeliacus, den ganzen übrigen Darmkanal. Die Peristaltik dauert nicht nur nach Zerstörung des Hirns und Rückenmarkes noch fort, sondern auch in dem, sammt seinem Gekrös ausgeschnittenen Darm. Eine Theorie dieser Bewegungen ist noch nicht möglich, wohl aber kennt man eine Reihe von Nervenwirkungen, welche die Peristaltik quantitativ modificiren.

1) *Verstärkung der Peristaltik.* Diese tritt ein nach Reizung des Plexus coeliacus und der mesaraischen Geflechte, unter Umständen in tumultuarischer Weise viel weniger sicher vom Brusttheil des Grenzstranges (?) aus; ferner nach Erregung des Rückenmarks und mancher Theile des Hirnes. Nach Reizung der peripheren Stellen der durchschnittenen Vagi von Fleischfressern werden die gewöhnlich stillestehenden Därme (meistens) zur Peristaltik bestimmt (Valentin). Endlich bewirkt auch unmittelbare Ansprache des Darmes zunächst örtliche Contraction, die aber von der gereizten Stelle aus wellenförmig weiter schreiten und sich, auch nach Aufhören des Reizes, unter Umständen mehrmals wiederholen kann. Die ebenerwähnten Erscheinungen gehören, wie man sieht, den verschiedensten Modi von Nervenwirkungen an. Ein Theil dürfte der Effekt unmittelbarer Reizung motorischer Fasern sein; ein anderer Theil, z. B. die Ansprache des Darmes selbst, gehört jedenfalls zu den Reflexphänomenen.

2) *Aufhebung der Peristaltik.* Werden in (lebenden) Kaninchen die Nervi splanchnici (oder, nach ihrer Durchschneidung, unterhalb des Schnittes gelegene Stellen dieses Nerven) mittelst der Schläge der Inductionsmaschine gereizt, so erfolgt nach Pflüger Stillstand der vorher lebhaften Darmbewegungen, und zwar im Zustand der Erschlaffung. Dasselbe ist der Fall nach Reizung des unteren Brusttheiles des Rückenmarkes. Aus letzterem entspringen die splanchnischen Fasern und treten durch die Rami communicantes in den Grenzstrang des Sympathicus, welcher die Nervi splanchnici entlässt, die sodann in den Plexus coeliacus sich senken. Der Splanchnicus major liegt im Kaninchen 3—4 Millimeter über dem oberen Rande der Nebennieren.

Aeusserlich wenigstens erinnert diese Erscheinung an den Stillstand des Herzens nach Reizung der Nervi vagi, wesshalb Viele den Splanchnicus zu den sog. Hemmungsnerven (152) zählen. Doch wird nach Durchschneidung der Splanchnici die Peristaltik nicht lebhafter. Im todten Thier ist der Erfolg der entgegengesetzte, die Peristaltik wird eingeleitet oder verstärkt durch Splanchnicusreizung (Ludwig und Kupffer).

207. Kothentleerung.

Steht der Inhalt des Mastdarmes unter geringer Spannung, was immer der Fall ist, wenn dieser Darm nur wenige Fäces oder Gase enthält, so braucht für einen Afterverschluss durch active Contraction der Sphinctermuskeln gar nicht gesorgt zu werden. Die Thätigkeit der letzteren tritt erst ein, wenn die Contenta den Mastdarm stärker ausdehnen und durch ihren Reiz die Peristaltik anregen. Dem Drang der Fäces nach abwärts leisten nunmehr der innere Schliessmuskel

und der, mit Querstreifen versehene, dem Willen unterworfene, kräftig wirkende, äussere Schliessmuskel Widerstand.

Bei der Kothentleerung wird der Widerstand des äusseren Sphincters freiwillig aufgegeben, während die Contraction des inneren Schliessmuskels durch die kräftige Peristaltik der Mastdarmmuskulatur überwunden wird. Bei voluminösen und harten Kothmassen wirkt untertützend und beschleunigend, nachdem durch eine tiefe Einathmung das Zwerchfell nach abwärts gestiegen, der kräftige Druck der Muskulatur der Bauchwand. Die Levatores ani verhüten während der Defäcation ein zu starkes Abwärtsdrängen des untersten Theiles des Mastdarmes durch die Kothmassen.

IX. Aufsaugung aus dem Nahrungsschlauch und Chylusbildung.

208. Blut- und Lymphgefässresorption.

Die Schleimhaut des Nahrungsschlauches besitzt in ihrem ganzen Verlauf das Vermögen der Resorption in hohem Grade, wie schon die schnelle Wirkung diffusibeler Gifte (Blausäure, Nicotin) beweist, wenn dieselben auf die Zunge gebracht werden, oder die Wirkung der in Klystierform in den Körper einverleibten, von der Mastdarm- und Dickdarmschleimhaut aufgesaugten Arzneimittel. Die Speisen und Getränke werden aber nur da resorbirt, wo sie längere Zeit verweilen, d. h. im Magen und Dünndarm. Ausserdem gelangen die Verdauungssäfte, welche die Zufuhren beträchtlich überwiegen, zur Aufsaugung. Diesen Massen gegenüber erscheint die resorbirende Thätigkeit der Magen- und Dünndarmschleimhaut um so energischer, als dieselbe nur periodisch in Wirksamkeit tritt.

Dem Inhalte des Nahrungsschlauches stehen bei seinem Uebergang in die Säftemasse zwei Wege offen: die Blutcapillaren und die von der freien Schleimhautfläche entfernteren Chyluscapillaren. Es ist wohl kein Bestandtheil des Speisebreies auf den einen oder anderen dieser Wege ausschliesslich angewiesen, doch scheinen die Salze, Kohlenhydrate (Zucker?), Alkohol (sowie viele Gifte) bei der Blutgefässresorption begünstigt zu sein, während die, quantitativ jedenfalls viel geringere, Chylusgefässresorption die Fette (ausschliesslich?), sowie die Eiweisskörper bevorzugt.

Die Unterbindung der Blutgefässe einer, mit resorbirbaren Substanzen gefüllten, oben und unten abgebundenen Darmschlinge, zur Ermittelung der Stoffe, die der jetzt vermeintlich freien Chylusresorption anheimfallen, ist im Princip falsch (41). Die vorwurfsfreiere Unterbindung der Chylusgefässe, mit Offenhalten der Blutgefässe, beweist, dass die Blutgefässresorption weit überwiegt. Die Analyse des Chylus zeigt unwiderleglich, dass die Chylusgefässe das Fett vorzugsweise resor-

biren. Die dann und wann zu Schlüssen über die Blutgefässresorption benützte Analyse des Darmvenenblutes lehrt nichts: denn 1) während der Verdauung verändert sich die Blutmasse selbst, also auch das dem Darm zuströmende Blut (grösserer Fett- und Zuckergehalt u. s. w.) und 2) die Darmarterien geben Stoffe ab zur Bildung des Darmsaftes u. s. w., so dass selbst die Vergleichung des Blutes der Arteriae und Venae mesaraicae für unseren Zweck unstatthaft erscheint.

209. Grundnormen der Darmresorption.

Die Stoffe werden nicht in jeder beliebigen, sondern von jedem einzelnen nur eine gewisse Menge aufgesaugt; das Zuviel kommt in den Fäces zum Vorschein. Boussaingault bewies zuerst den Satz, durch Bestimmung der Maximalmengen resorbirbaren Fettes beim Stopfen von Enten.

Die Medicamente sollten dem Magen nur in solchen Dosen einverleibt werden, welche resorbirbar sind. Das Zuviel beeinträchtigt durch seine örtlichen Wirkungen auf die Schleimhaut häufig die Verdauung. Die Eisenmittel z. B. werden selbst in der üblichen täglichen Dosis von wenigen Granen nur theilweis aufgenommen.

Je grösser die Concentration, desto mehr wird in gleichen Zeiten resorbirt, wie Becker an Zucker- und Funke an Eiweisspeptonlösungen zeigten. Von dem Inhalt einer abgebundenen Darmschlinge wird zu Anfang des Versuchs viel mehr resorbirt als später (Becker), offenbar zum Theil in Folge der allmälig abnehmenden Concentration des Inhaltes. Im Verlaufe der Verdauung dürfte dagegen die Concentration des jeweils flüssigen, also des bei der Resorption zunächst allein in Betracht kommenden, Theiles des Speisebreies weniger schwanken.

210. Resorption der löslichen Bestandtheile.

Die Eiweisskörper sind mit geringer Endosmosengeschwindigkeit begabt; die Eiweiss- (und Leim-) Peptone dagegen werden leicht resorbirt, theilweis bereits im Magen. In unterbundenen Darmschlingen werden nach Funke Eiweisspeptone viel rascher resorbirt, als gewöhnliches Eiweiss. In der Säftemasse wandeln sich die Peptone wieder zu gewöhnlichen Eiweisskörpern um; die Peptonbildung dient also dazu, die Eiweisskörper resorbirbarer zu machen, sowie auch, gewisse Unterschiede derselben auszugleichen, indem die Zahl der im Blut vorkommenden Arten von Eiweisssubstanzen viel geringer ist, als die in der Nahrung eingebrachten.

Die Kohlenhydrate verfallen der Resorption, insofern sie sich in Traubenzucker, der ziemlich rasch aufgesaugt wird, umwandeln. Für den in das Blut aufgenommenen Zucker giebt ersteres Wasser ab in das Darmrohr. Desshalb, sowie aus den im vorigen § angeführten Thatsachen, hält Becker den Vorgang für einen einfacheren, d. h. nicht durch organische Nebeneinrichtungen verdeckten, endosmotischen Process. Gewisse Zuckermengen, namentlich bei grösseren Zufuhren, setzen sich um in organische Säuren (201, III); diese, sammt ihren Salzen, sind leicht resorbirbar.

Für die unorganischen Salze hat Liebig längst angenommen, dass bei ihrer Resorption einfachere Endosmosengesetze durchgreifen. Nach Buch-

heim und Wagner wirken Mittelsalze mit höherem endosmotischen Aequivalent stärker abführend; nach Funke wird von concentrirteren Kochsalzlösungen mehr Salz aufgesaugt, als von verdünnteren. Das Wasser wird in grossen Quantitäten resorbirt; aus der Ausscheidung desselben durch die Nieren (§ 264) lässt sich wenigstens der allgemeine Gang auch der Resorption erkennen.

Funke schliesst aus der Energie der Wasserresorption auf Blutbestandtheile, welche das Wasser kraftvoll anziehen. Er theilt dem Eiweiss diese Rolle zu, und zwar wegen dessen hohem endosmotischen Aequivalente. Die attrahirenden Kräfte sind aber offenbar in die Blutkörperchen zu verlegen, welche Wasser so begierig aufnehmen. Geht aus dem Nahrungsschlauch Wasser über in das Blut der Capillaren, so müssen die Körperchen der verdünnten Blutflüssigkeit Wasser sogleich entziehen und diese zur Aufnahme von neuem Wasser befähigen. Für die Permanenz des Vorganges sorgt die entsprechende Wasserabgabe in die Secretionen, Gewebsäfte u. s. w., wodurch indirekt den Körperchen wiederum Wasser entzogen wird.

211. Fettresorption.

Die neutralen Fette werden als solche resorbirt, und nicht etwa vorher durch Verseifung (201) löslich gemacht. 4—5 Stunden nach Aufnahme grösserer Fettmengen zeigen die stark injicirten Chylusgefässe des Darmes einen weisslichen, aus zahlreichen kleinen Fetttröpfchen bestehenden Inhalt. Dessgleichen sind die Epitelzellen der Darmzotten dicht erfüllt mit feinsten Fetttröpfchen. Die Darmzotten vergrössern die resorbirende Fläche des Darmes bedeutend und betheiligen sich somit nicht bloss bei der Blutgefässresorption, wodurch sie vermöge ihres reichen Capillarnetzes befähigt sind, sondern sie stellen auch vorzugsweise die Wege dar, welche das Fett einschlägt, um aus dem Darmrohr in die Chylusgefässe zu gelangen. Diese Wege selbst sind noch nicht vollständig gekannt, d. h. der feinste Bau der Zottenepitelzellen (zunächst namentlich der Basalschicht der letzteren), sowie die Kanäle, durch welche das Fett aus den Epitelzellen in die Anfänge der Chylusgefässe der Zotten gelangt, obschon dieselben in ihren verschiedensten Resorptionszuständen vielfach (Brücke, Funke, Kölliker, Bidder und Wiegandt, Balogh u. A.) untersucht worden sind.

Mehrere Verdauungssäfte haben das Vermögen, die Fette in den, für die Resorption geeigneteren Zustand feinster Vertheilung überzuführen, die Galle ist sogar für eine gehörige und energische Fettresorption unerlässlich (193). Die Darmschleimhaut imbibirt sich leicht mit Galle und wird dadurch leichter befähigt, Fetten den Durchgang zu gestatten; die speciellere Wirkung der Galle bei diesem Vorgang ist aber noch nicht genügend erkannt.

Wistinghausen untersuchte die Endosmose zwischen Oel und Galle. Er fand, dass gewisse Oelmengen durch die Endosmosenmembran zur Galle übergingen. Tauchte er Capillaren, deren Wände vorher entweder mit Wasser, oder mit Galle befeuchtet waren, in Oel, so stieg letzteres in den mit einer Gallenschichte überzogenen Röhrchen viel höher. Die Galle äussert somit eine gewisse mechanische Attraction auf die Fette. Die von Lacauchie entdeckten Verkürzungen der Darmzotten dürften für das Weitertreiben des Zotteninhaltes von Wichtigkeit sein. Brücke hat in der Längsrichtung der Zotten verlaufende organische Muskelfasern nachgewiesen.

212. Chylus.

Die Lymphgefässe des Magens und Dünndarmes führen während der Verdauung einen sehr viel reichlicheren und (wenigstens im Fleischfresser) anders zusammengesetzten Inhalt als gewöhnlich, den sog. Milchsaft, Chylus. Derselbe ist bei Pflanzenkost fast farblos, wenig opalisirend, bei Fleischnahrung, namentlich aber starken Fettzufuhren, copiöser und ausgezeichnet durch seine weissliche Färbung. Diese rührt her von kleinen, mit einer Eiweisshülle umgebenen Fettmolekeln. Nach Zusatz von Aether verschwindet die weisse Farbe. Der Chylus des Magens ist, weil dort keine Fettresorption stattfindet, farblos. Das specifische Gewicht der schwach alkalisch reagirenden Flüssigkeit beträgt etwa 1020. Ausserhalb der Gefässe bildet dieselbe ein weiches Gerinnsel und (beim Fleischfresser) ein trübliches, fettreiches Serum.

Der Chylus führt ausserdem Kerne und zahlreiche kernhaltige Zellen, sog. Chyluskörperchen; er ist besonders reich an diesen morphologischen Elementen nach seinem Austritt aus den Mesenterialdrüsen, wobei er zugleich coagulabel wird.

Nach Brücke sind die Chyluskörperchen nichts anderes, als vom Chylusstrom weggeschwemmte Kerne und kernhaltige Zellen, aus welchen die Lymphdrüsen vorzugsweise bestehen. Die zuführenden Chylusgefässe münden offen in kleine Hohlräume dieser Drüsen, mit denen wiederum die abführenden Gefässe communiciren. Die genannten, in den Drüsen schon präformirten und durch rege Zellbildung immer neu entstehenden Formbestandtheile werden dem Chylusstrom beigemischt und von demselben aus der Drüse abgeführt. Uebrigens enthält der Chylus bereits Körperchen, wenn er das Darmrohr verlässt. Diese leitet Brücke ab von den solitären Follikeln, sowie den zu den Peyer'schen Drüsen vereinigten Follikelmassen, die er ebenfalls in die Reihe der Lymphdrüsen stellt, Beziehungen, welche Teichmann, gestützt auf seine Injectionen, läugnet.

Der Inhalt des Ductus thoracicus führt öfters (zufällig?) gefärbte Blutkörperchen, deren Beimischung nicht erklärt ist.

Im Pferde ist der Chylus von analoger Zusammensetzung, wie die Lymphe (250), im Fleischfresser aber unterscheidet er sich durch seinen hohen Fettgehalt. Nach Nasse besteht der Chylus und das Blut der Katze aus:

	Chylus	Blut
Wasser	90,6	81,0
Fibrin	0,1	0,2
Sonstige Eiweisskörper und Extractivstoffe	4,9	17,7 (sammt Hämatin)
Fette	3,3	0,3
Salze	1,1	0,8

213. Bewegung des Chylus.

Die Chylusströme sammeln sich im Milchbrustgang, um von da aus in die linke Vena subclavia ergossen zu werden. Der Milchbrustgang enthält übrigens selbst während der Verdauung keinen reinen Chylus, sondern Beimischungen der Lymphe vieler Körpertheile. Zur Unterstützung des Chylusstromes tragen bei:

1) die Einathmungsbewegungen. Der Milchbrustgang verhält sich wie ein Ast der Vena subclavia; sein Inhalt wird in Folge der Einathmungsbewegung in die Vene aspirirt (162). 2) Die Klappen der Lymphgefässe gestatten dem Chylus den Durchgang bloss in der Richtung gegen die Venen, so namentlich auch die Klappe an der Mündung des Ductus thoracicus. 3) Die Peristaltik des Darmes, die Muskelfasern der Darmzotten (Brücke) und die Contractilität der Wände der Lymphgefässe befördern ebenfalls den Chylusstrom. Die Hauptursache des Chylusstromes ist aber eine, auf endosmotischen und verwandten Processen beruhende Vis a tergo. Werden die Lymphgefässe unterbunden, so schwellen sie an zwischen der Unterbindungsstelle und dem Darm; der Druck ihres Inhaltes dürfte dann den Druck der im Darmrohr befindlichen Massen erheblich übersteigen.

214. Chylusmenge.

Sie ist nur annähernd bestimmbar; alle Erfahrungen vereinigen sich jedoch dahin, dass grosse Mengen Chylus gebildet werden. Man hat 3 Methoden angewandt:

1) Anschneiden der Ductus thoracicus im soeben getödteten Thier. Man erhält unter diesen, von der Norm gar zu weit abweichenden Verhältnissen, in den ersten Minuten sehr grosse Ausflussmengen.

2) Eröffnung des Ductus thoracicus an grösseren lebenden Thieren. Colin erhielt an Ochsen tägliche Ausflussmengen von nicht weniger als 80 Kilogrammen; Bidder und Schmidt berechnen die 24stündige Chylusmenge junger Pferde zu $^1/_{10}$—$^1/_5$ des Körpergewichts; der Chylus konnte hier einige Stunden auslaufen ohne Aenderung des specifischen Gewichtes. Hier sind bedeutende Lymphmengen dem Chylus wiederum beigemischt.

3) Man macht die Voraussetzung, dass ein bestimmter Bestandtheil der Nahrung ausschliesslich der Chylusresorption anheimfällt. Die 24stündige Zufuhrmenge des Bestandtheiles und dessen % Mengen in Chylus sind aber bekannt, also die Chylusmenge berechenbar (Vierordt). Enthält der Chylus 3 % Fette und beträgt die tägliche Fettzufuhr 90 Gramme, so würde die Chylusmenge in 24 Stunden auf 3 Kilogramme taxirt werden müssen.

X. Athmen und Perspiration.

A. Respiratorischer Gaswechsel.

215. Aufgabe.

Die Respiration im engeren Sinne besteht in einem, durch ein besonderes Organ vermittelten, Austausch zwischen Blutgasen und der Atmosphäre und zwar vorzugsweise in einer Aufnahme von Sauerstoff und einer Abgabe von Kohlensäure. Die unmittelbare Wirkung dieses Gasaustausches ist die Umänderung der venösen Blutbeschaffenheit in die arterielle. Der Gaswechsel geschieht, bei den Luftathmern, zwischen Blut und Atmosphäre; er wird begleitet von einer Wasserverdunstung auf den Wandungen der Kanäle des Athmungsapparates (Lungen oder Tracheen der Spinnen und Insekten). Bei den sog. Wasserathmern findet ein respiratorischer Gaswechsel statt zwischen dem Blut und der vom Wasser absorbirten atmosphärischen Luft; als Athmungsorgane dienen Kiemen und (in niederen Thieren) Wasserkanäle.

Eine Erscheinung eigener Art ist die sog. Darmrespiration gewisser Fische, z. B. des Cobitis fossilis. Abgesehen von ihrer Kiemenathmung verschlucken die Thiere von Zeit zu Zeit auch Luft an der Oberfläche des Wassers und geben Kohlensäure und Stickgas aus dem After ab.

216. Eigenschaften der Einathmungsluft.

Die Atmosphäre, als trocken angenommen, enthält konstant

	Gewichtstheile:	Volumtheile:
Sauerstoffgas	23	20,8
Stickgas	77	79,2.

Ausserdem sehr kleine Mengen Kohlensäure; 10,000 Gewichtstheile freier Atmosphäre führen etwa 4—8 Th. Kohlensäure.

Der Wassergehalt der Luft wechselt in hohem Grade. Es kommen in Betracht: 1) Die absolute Menge Wassergas, die enthalten ist in einem gegebenen Luftvolum. Je wärmer die Luft, desto mehr Wassergas kann sie aufnehmen. 2) Der relative Wassergehalt, d. h. Feuchtigkeitsgrad der Luft. Die gesättigte Luft enthält so viel Wassergas, als sie bei ihrer Temperatur überhaupt aufnehmen kann; während der Wassergehalt der feuchten oder gar der trockenen Luft dem Sättigungspunkt ferner steht. Der durchschnittliche Wassergehalt der Luft im Verlauf des Jahres steigt und fällt mit den Wärmemitteln. Die Luft hält im Juli 3 mal soviel Wasser als im Januar. Dagegen ist die Sommerluft durchschnittlich trockener, als im Winter (das Nähere s. 733).

Für die Respiration bemerkenswerthe Eigenschaften der Luft sind deren bedeutende Ausdehnbarkeit durch die Wärme (100 Volume Luft bei 0° nehmen, bis 100° C. erwärmt, einen Raum von 136 Volumina ein) und ihre abnehmende Dichtigkeit mit zunehmender Erhebung über das Meer. Daher athmen wir im Sommer, namentlich aber auf hohen Bergen eine viel dünnere Luft ein.

217. Eigenschaften der Ausathmungsluft.

Die Luft erleidet wesentliche Veränderungen durch das Athmen. Die ausgeathmete Luft ist reich an Kohlensäure (Mittel 4,3 %, Grenzwerthe 5,5 und 3,3 beim normalen ruhigen Athmen, Vierordt); ihr Stickgasgehalt nimmt meist zu, jedoch nur um ein Minimum; dagegen ist sie arm an Sauerstoffgas. Es verschwindet beim Athmen immer mehr Sauerstoff, als Sauerstoff wieder zum Vorschein kommt in Form von Kohlensäure (Lavoisier); daraus folgt: das Volum der Ausathmungsluft ist etwas kleiner, als das der Einathmungsluft, beide als trocken und gleichtemperirt angenommen. Zur Vergleichung dienen folgende Durchschnittszahlen, denen eine Volumminderung von 1 %, also ein relativ hoher Werth, zu Grunde liegt.

	Einathmungsluft:	Ausathmungsluft:
Stickgas	79,2	79,3
Sauerstoff	20,8	15,4
Kohlensäure	—	4,3
	100	99

Die ausgeathmete Luft ist nahezu auf die Körpertemperatur erwärmt; sie zeigt etwa 37 ° C., und zwar im Winter kaum 1 ° weniger als im Sommer (Valentin). Ferner enthält die Ausathmungsluft ausser dem eingeathmeten Wassergas eine weitere Menge des letzteren, die von den feuchten Wandungen des gesammten Respirationsapparates herrührt. Beim ruhigen Athmen ist die Ausathmungsluft wohl nahezu oder vollständig gesättigt, d. h. sie enthält ungefähr so viel Wassergas, als Luft von 37 ° C. davon überhaupt aufnehmen kann; beim beschleunigten Athmen dagegen sinkt der % Wassergehalt der Ausathmungsluft (Moleschott). Die Erwärmung und Wasseraufnahme führt demnach zu einer, die obenerwähnte Volumminderung weitaus kompensirenden Volummehrung der Ausathmungsluft.

Ausser minimen Mengen von Ammoniak, Wasserstoffgas und Kohlenwasserstoffgas, die zum Theil aus dem Darm (s. 199) in's Blut übergehen, kann die Ausathmungsluft noch enthalten flüchtige Stoffe, die zufällig in's Blut gelangten; z. B. kleine Mengen Alkohol, verschiedene Riechstoffe, z. B. Camphor.

218. Absolute Mengen der Respirationsgase.

Die 24 stündigen Mengen der Athemgase zeigen folgende Werthe, wobei mittlere Körperverhältnisse und (für die Wasserverluste besonders maassgebende) mittlere Temperaturen angenommen werden.

		Gramme	Cub. Centimeter (auf 0° und Barometermittel reducirt)
Aufnahme	Sauerstoff	744	516500
Ausscheidung	Kohlensäure	900	455500
	Stickgas	(7—8)	etwa 600?
	Wassergas	330	—

Die sehr zahlreichen Variationen dieser Mittelwerthe nach Alter, Geschlecht,

Verdauung, Bewegung, Temperaturen u. s. w. siehe in der Physiologie der Körperzustände.

Man bestimmt die absoluten Werthe der Respirationsgase entweder direkt (s. den nächsten Paragraphen), oder indirekt nach dem Vorgang von Boussaingault und Liebig, d. h. man ermittelt in letzterem Fall die C-, H-, N- und O-Mengen einerseits der Zufuhren und andererseits der Fäces und des Urines. Die grossen C-Mengen der Zufuhren, die sich nicht in genannten Excretionen finden, gehören (von dem sehr geringen C-Verlust der Haut abgesehen) der Lungenkohlensäure an. Umgekehrt wird aller oder doch fast aller N der Zufuhren durch den Urin (Harnstoff) eliminirt; der Rest gehört annähernd der Stickgasausscheidung durch die Lungen an; ein Werth, der aber viel weniger sicher bestimmbar ist, als der Kohlensäurewerth.

219. Ansammlung und Untersuchung der Athemgase.

Die Technicismen zerfallen in zwei Hauptmethoden:

I. Ansammlung der Exspirationsluft in einem Behälter (Prout, Vierordt). Man inspirirt durch die Nase und exspirirt mittelst des Mundes durch eine kurze, mit einem Hahn versehene Röhre, die in das obere Ende eines grossen Glasballons eingefügt ist. Als Sperrflüssigkeit dient gesättigte Kochsalzlösung. Die durch die exspirirte Luft verdrängte Salzlösung entweicht aus dem untern Ende des Ballons.

Ein sehr wesentlicher Vorzug der Methode besteht darin, dass sie die reine Ausathmungsluft liefert und damit allein die Möglichkeit gewährt, die % Zusammensetzung, sowie die Mengenverhältnisse der Athemluft kennen zu lernen. Die meisten Grundfragen des respiratorischen Gaswechsels können nur mittelst dieser Methode untersucht werden. Ihre Ausdehnung auf eine grössere Reihe von Individuen ist aber desshalb unthunlich, weil Niemand ohne vorherige längere Uebung Athemzüge von normaler Dauer und Tiefe an dem Apparat vollbringt.

Die angesammelten Gase werden in einer calibirten Eudiometerröhre bestimmt nach den bekannten Regeln der Gasanalyse: die Kohlensäure durch die Raumverminderung der des Gasvolums, z. B. nach Schütteln desselben mit Aetzkalilösung; der Sauerstoff mittelst Pyrogallussäurelösung, welche nach Liebig O begierig verschluckt, oder durch Verpuffung mit Wasserstoffgas mittelst Durchleitung eines elektrischen Funkens.

II. Das Versuchsindividuum athmet in einem Behälter, dessen Luft gehörig erneuert wird. 1) Der Athmende befindet sich in einem Kasten, Figur 44 *k*, während ein grosser Aspirator *a* die Abfuhr der mit den Athemgasen vermischten

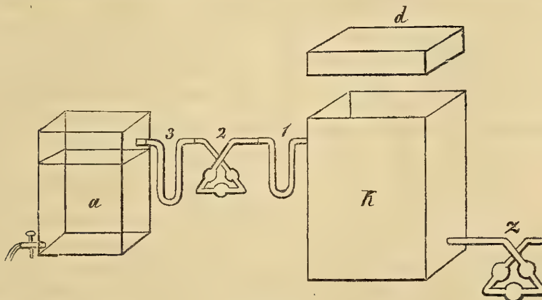


Fig. 44.

Kastenluft durch ein Abflussrohr besorgt und ein entsprechendes Nachrücken frischer Luftmassen durch ein Zufuhrrohr *z* ermöglicht wurde. Die Ausfuhrluft

streicht durch Röhren, die mit Aetzkalilösung und concentrirter Schwefelsäure gefüllt sind, um die Kohlensäure und das Wasser zu binden (Dulong und Despretz an Thieren, Scharling und Hannover an Menschen).

Der mit Aetzkalilösung gefüllte Liebig'sche Kugelapparat *z* bindet die Kohlensäure der Zufuhrluft; Röhre 1 enthält Asbest mit concentrirter Schwefelsäure zur Bindung des Athemwassers; die Kalilösung in 2 absorbirt die Kohlensäure, und die Schwefelsäure in Röhre 3 das durch den Luftstrom der Kalilösung entrissene Wasser. Der Aspirator *a* ist mit Wasser gefüllt; nach Maassgabe des zu regulirenden Wasserabflusses aus *a* erfolgt das Nachströmen von Atmosphäre nach *k*. Der augenblickliche Verschluss von *k*, nachdem die Versuchsperson hinabgestiegen, wird am besten durch den Deckel *d* bewerkstelligt, der in eine, in dem oberen Rand von *k* befindliche, mit passender Sperrflüssigkeit gefüllte Rinne eingesenkt wird. Um die Athem- und Perspirationsgase gesondert zu erhalten, benützte Scharling einen, in den grossen Kasten *k* gestellten kleineren. Die Versuchsperson gab die Athemgase ab in den grossen Kasten (indem der Kopf aus einem, sonst hermetisch verschlossenen, Ausschnitt des kleinen Kastens hervorragte), während der kleine Kasten die Perspirationsgase aufnahm.

2) Andral und Gavarret brachten über das Gesicht hermetisch eine Maske an. Die Ausathmungsluft wurde durch eine Röhre entfernt, die mit mehreren grossen leergepumpten Glasballons communicirte, während durch 2 Ventile äussere Luft in die Maske nachströmte. Der Athmende ist somit einem Luftstrom ausgesetzt. Zweckmässiger sind die beiden folgenden Verfahrungsweisen.

3) Regnault und Reiset setzten Thiere in einen Behälter und liessen die Kohlensäure beständig absorbiren, während neuer Sauerstoff nachströmte nach Maassgabe der Kohlensäureabsorption. Der Stickgasgehalt der Luft des Behälters nimmt im Verlauf des Versuches etwas zu, so dass die Hauptaufgabe dieses Verfahrens, die Athmenden ohne starken Luftwechsel in einer normalen Atmosphäre zu erhalten, nicht vollständig erreicht werden konnte.

Die wesentlichsten Theile des Regnault'schen Apparates, Fig. 45, sind 1) die Glasglocke *a*, zur Aufnahme des Thieres; 2) ein Quecksilbermanometer *m*, um die Spannung der Luft in *a* zu messen; 3) die Flaschen *k* und *k'*, gefüllt mit Aetzkalilösung. Die Flaschen communiciren mit *a* durch je eine elastische Röhre *i* und unter sich mittelst einer ähnlichen Röhre *e*. Wird *k* erhoben und gleichzeitig *k'* gesenkt,, so entleert sich die Kalilösung durch *e* nach *k'*, während *k* Luft aus *a* aufnimmt. Beim nächsten Niedergang von *k* wird die Luft durch die Aetzkalilösung (welche aus dem nunmehr sich erhebenden *k'* einströmt) nach *a* gedrängt und zwar frei von Kohlensäure. Ein (in der Zeichnung weggelassenes) Triebwerk besorgt das Auf- und Niedergehen der Flaschen *k* und *k'*. 4) Ein grosser mit Sauerstoffgas gefüllter Recipient *r* führt nach Maassgabe der OBindung durch das Thier, neue OMengen nach *a*. Ist der OBehälter mit concentrirter Chlorcalciumlösung gefüllt, so lässt man letztere nach unten ablaufen, während von *s* aus O nach *r* einströmt. Im Verlauf des Versuches fliesst aus dem Behälter *B* durch *q* Chlorcalciumlösung nach *r* ab, und verdrängt das O nach dem Athmungsbehälter *a*. Die drei mit Chlorcalciumlösung gefüllten Ballons *m* (deren

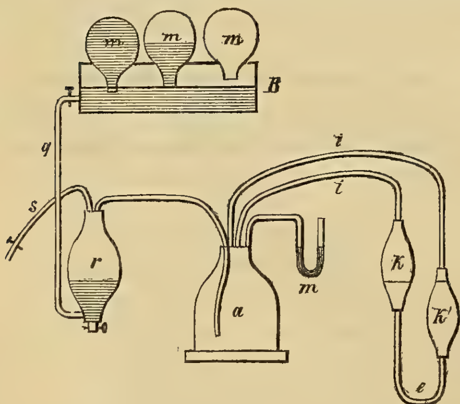


Fig. 45.

Mündungen nicht gleich hoch stehen), haben die Aufgabe, die Chlorcalciumlösung in *B* ungefähr auf konstantem Niveau zu halten.

4) Pettenkofer's Respirationsbehälter ist ein geräumiges, ventilirtes Zimmer, woselbst die Versuchsperson stundenlang ungestört athmen kann. Da die Kohlensäure der aus dem Zimmer abgeführten grossen Luftmassen nicht vollständig durch Absorptionsmittel gebunden werden kann, so dient nur ein kleiner Nebenstrom zur Analyse, welcher, da er dem Hauptstrom in allen Zeiten des Versuches proportional ist, die Berechnung der gesammten Respirationsprodukte gestattet.

Hauptstrom: Die Wände des Zimmers *R*, Fig. 46, sind von Eisenblech; die Zufuhrluft tritt durch die Fugen der in gewöhnlicher Weise geschlossenen Thüre *t*, während zur Ableitung der mit den Athemgasen vermischten Zimmerluft zunächst die Röhren *a a* dienen. Der Luftstrom wird unterhalten durch die Saugcylinder *c* und *c'*, welche von einem, hier weggelassenen, Motor (Dampfmaschine) regelmässig auf- und abbewegt werden. Beim Aufsteigen saugt der Cylinder Luft aus Röhre *d*, indem sich ein Ventil bei *k* öffnet; beim Niedergehen entweicht die angesaugte Luft aus einigen im Deckel *v* des Cylinders angebrachten Ventilen. Die Gasuhr *U*, deren Einrichtung wir als bekannt voraussetzen, misst das Volum des Luftstroms, der vorher, zur Verhütung der Wasserverdunstung in der Gasuhr, durch den Befeuchtungsraum *w* (Bimssteinstücke mit Wasser befeuchtet) streicht.

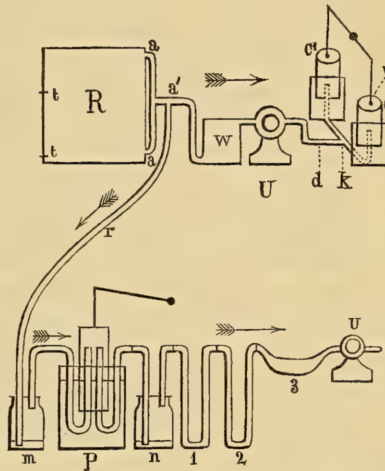


Fig. 46.

Der Nebenstrom wird von der Röhre *a'* abgeleitet mittelst einer Saug- und Druckpumpe *P*, deren Auf- und Niedergänge von den Bewegungen des Saugcylinders *c* (durch einen hier weggelassenen Zwischenapparat) besorgt werden. Der Glascylinder *P* enthält Quecksilber bis nahe zum Rand, sowie 2 Uförmige Röhren, die über dem Hg münden. Geht der Cylinder *P* herab, so entweicht die in ihm enthaltene Luft durch das Hg in Flasche *n*, während sie in *m* abgesperrt bleibt; geht aber *P* in die Höhe, so sperrt das Hg in *n* ab, während die Luft aus *r* nach *m* strömt. Auf ihrem weiteren Weg verliert die Luft ihr Wasser in Röhre *1* (Bimssteinstückchen mit conc. Schwefelsäure), sättigt sich in *2* (Bimssteinstückchen mit Wasser befeuchtet) wieder vollständig mit Wassergas, giebt in Glasrohr *3* ihre Kohlensäure an Barytwasser ab und wird schliesslich volumetrisch bestimmt in Gasuhr *U*, von wo aus sie entweicht. Von dem auf diese Weise bestimmten Kohlensäure- und Wassergas ist aber die Kohlensäure und das Wasser der Zufuhrluft abzuziehen. Desshalb leitet eine dem Apparat *r—P—1—U* gleiche Combination von der Thüre *t* aus wiederum einen proportionalen Nebenstrom der Zufuhrluft ab.

Kohlensäuremessung: Das Barytwasser in *3* verlangt zur Neutralisation ein bestimmtes Volum einer Oxalsäurelösung von gekanntem Gehalt. 1 C. C. M. dieser Lösung entspricht einem Milligramm Kohlensäure; was also nach beendetem Versuch das verwandte Barytwasser weniger Oxalsäure braucht zur Neutralisation, um das ist es bereits von der Kohlensäure des Luftstroms neutralisirt worden. — Sauerstoffbestimmungen hat Pettenkofer mit diesem Apparat noch nicht angestellt.

Alle Verfahrungsweisen der zweiten Hauptmethode führen nur zur Kenntniss der absoluten Mengen der Respirationsgase, jedoch besser als diess bei der ersten Hauptmethode erreichbar ist.

220. Einfluss der Athembewegungen auf die Kohlensäureausscheidung.

Die Respiration steht unter allen vegetativen Thätigkeiten insoferne einzig da, als sie unmittelbar gesteigert und gemindert werden kann durch willkührliche Veränderungen der Athemzüge. Die Stickgasausscheidung, sowie die Sauerstoffaufnahme sind übrigens in dieser Beziehung noch nicht, die Normen der Kohlensäure dagegen von Vierordt untersucht. Die Ergebnisse solcher Versuche führen direkt zur Theorie des respiratorischen Gaswechsels.

I. Zahl der Athemzüge (Athemfrequenz). Vermehrt man die Zahl der Athemzüge willkürlich, d. h. über das dem jeweiligen Respirationsbedürfniss entsprechende Maass, während ihre Tiefe möglichst normal (d. h. etwa 500 Cub. Cent.-Met.) und gleich bleibt, so nehmen die absoluten Kohlensäuremengen zu, aber nicht in dem Verhältniss als die Zahlen der Athemzüge wachsen, weil nämlich zugleich die % Kohlensäurewerthe der Ausathmungsluft sinken, und zwar anfangs rasch, später langsam.

Zahl der Athemzüge in 1 Minute.	Kohlensäure in 100 Vol. Luft.		In Cub. Cent. Metern in 1 Minute ausgeathmet Luft.	Kohlensäure.
12 (Norm)	4,3	= 2,9 + 1,4	6000	258
24	3,5	= 2,9 + 0,6	12000	420
48	3,1	= 2,9 + 0,2	24000	744
96	2,9	= 2,9	48000	1392

Jede Athmungsfrequenz, sie mag hoch oder nieder sein, giebt einen, von dem jeweiligen Kohlensäuregehalt des Blutes abhängenden konstanten Werth (in obiger Tabelle 2,9 %), plus einer weiteren Kohlensäuremenge (0,2—0,6—1,4) die mit der Dauer der Athemzüge zunimmt. In obiger Reihe verhalten sich die % Kohlensäurewerthe 4,3—3,5—3,1—2,9 wie 100 : 81 : 72 : 67; bei den Versuchen selbst aber wie 100 : 78 : 70 : 63, Abweichungen, die sich aus der Schwierigkeit erklären, die Athemzüge möglichst gleich tief zu vollführen.

II. Tiefe der Athemzüge. Vermehrt man die Tiefe der Athemzüge willkürlich, während ihre Zahlen normal bleiben (z. B. 12 in 1 Minute), so nehmen die absoluten Kohlensäuremengen zu, aber nicht in dem Verhältniss als die Tiefen der Athemzüge wachsen, weil zugleich die % Kohlensäurewerthe der Ausathmungsluft sinken (Vierordt).

Athemluft ausgestossen mittelst einer Exspiration in C. C. M.	Kohlensäure ausgestossen mittelst einer Exspiration in C. C. M.	Kohlensäure in 100 Vol. Athemluft.
(Norm) 500	21	4,3
1000	36	3,6
1500	51	3,4
2000	64	3,2
3000	72	2,4

221. Gaswechsel innerhalb der Luftwege.

Fängt man das Gasvolum einer Ausathmung in mehreren Portionen auf, so zeigt es sich, dass der Kohlensäuregehalt der tieferen Schichten der Lungenluft

immer mehr zunimmt (Allen und Pepys). Theilte Vierordt das normale Ausathmungsvolum in 2, so gut es angieng, gleiche Portionen, so betrug der Kohlensäuregehalt der ersten 3,7, der zweiten dagegen 5,4 Vol. %. Durch eine möglichst tiefe Exspiration (nach vorausgegangener normaler Inspiration) wird aber eine viel kohlensäurereichere Luft ausgestossen; sie enthält etwa 1 % mehr Kohlensäure als die Ausathmungsluft von gewöhnlicher Tiefe.

Die im Respirationsapparat enthaltene Luft wird in ihren tieferen Schichten zunehmend ärmer an Sauerstoff, reicher an Kohlensäure und wohl auch an Wassergas. Dadurch werden Diffusionsströme (25) bedingt von Kohlensäure und Wassergas in der Richtung von unten nach aufwärts, von Sauerstoffgas aber in entgegengesetzter Richtung. Diese Wanderungen geschehen auch ohne Athembewegungen. Bringt man bei vollkommener Ruhe der Respirationsmuskeln den geöffneten Mund in Communication mit einem abgeschlossenen mässigen Luftvolumen, so enthält letzteres bald merkliche Mengen Kohlensäure (Vierordt). Im tiefsten Winterschlaf, auch im Scheintod wird der minime respiratorische Gaswechsel auf diese Weise unterhalten; für die gewöhnlichen Athembedürfnisse reicht aber die Diffusion bei weitem nicht aus und die Luft des Respirationsapparates bedarf der wirksamen Ventilation durch das Wechselspiel der Ein- und Ausathmungsbewegungen.

Stellt man sich die Bronchien gleichen Ranges zu je einem einzigen Canal vereinigt vor, so nimmt der Querschnitt des Respirationsapparates vom Larynx an bis in die Lungenzellen ungeheuer zu. Die so eben inspirirte Luft dringt aber nur bis in die gröberen Bronchien herab, deren geringerer Gesammtquerschnitt die Diffusion minder begünstigt.

222. Gesetze der Kohlensäurediffusion.

Die Ausscheidung der Kohlensäure aus dem Blut in die Lungenluft hängt in letzter Instanz ab von dem Gegendruck der Kohlensäureatmosphäre in der Luft der Lungenzellen (Vierordt). Die Spannung der Kohlensäure des Lungencapillarblutes ist stärker als die Spannung der Kohlensäureatmosphäre in den Lungenzellen, desshalb entweicht, den Diffusionsgesetzen gemäss, Kohlensäure in die Lungenluft. Wir unterscheiden folgende Modi des Kohlensäurewechsels:

I. Vermehrte Abgabe der Kohlensäure. Beim willkürlich gesteigerten, sehr frequenten, also die Lungenluft schnellstens ventilirenden, Athmen ist der Kohlensäuregehalt der Lungenluft gering; daher giebt das Blut grosse, das Respirationsbedürfniss weit übersteigende Kohlensäuremassen ab (220, I.) und zwar so lange als der Kohlensäuregehalt des Blutes nicht beträchtlich sinkt, eine Grenze, die experimentell noch nicht festgestellt ist.

II. Norm. Beim gewöhnlichen Athmen ist die Lungenluft kohlensäurereicher, also die Abgabe der Kohlensäure gemässigt, entsprechend dem eben vorhandenen Respirationsbedürfniss.

III. Minderung der Kohlensäureabgabe. Bei Hemmung der Athembewegungen erfährt die Kohlensäureausscheidung aus dem Blut schnell ein wesentliches Hinderniss. Der % Kohlensäuregehalt der Lungenluft nimmt zu, anfangs

schnell, später langsamer und die aus dem Blut in der Zeiteinheit abgeschiedenen absoluten Kohlensäuremengen sinken immer mehr. Der Gang der Erscheinung hängt übrigens von der Luftfüllung der Lungen ab. In Reihe I gieng dem Verschluss von Mund und Nase eine normale, in II dagegen eine möglichst tiefe Inspiration voraus. Der Athem wurde verschieden lang angehalten und sodann möglichst tief exspirirt; das ausgeathmete Luftvolum betrug in I 1800, in II 3600 C. C. M. (Die Kohlensäure normaler Athemzüge betrug 4,3 %.)

Dauer der Athemhemmung in Secunden.	I. Kohlensäure		II. Kohlensäure	
	in %	in C. C. M.	in %	in C. C. M.
20	6,03	108,5	5,09	183
25	6,18	111,2	—	—
30	6,39	115,0	—	—
40	6,62	119,0	5,71	205
50	6,62	119,0	—	—
60	6,72	120,9	6,34	228
80	—	—	6,67	240
100	—	—	7,38	265

Nach 60, resp. 100 Secunden ist die Athemnoth so gross, dass exspirirt werden muss; aber auch jetzt ist, namentlich in Reihe II, eine geringe Kohlensäureausscheidung immer noch möglich. Die Luft des Respirationsapparates zeigt nunmehr in ihren verschiedenen Schichten nahe dieselben Kohlensäureprocente.

IV. Aufnahme von Kohlensäure. In einer sehr kohlensäurereichen Atmosphäre (etwa bei 30 %) können Säugthiere vorübergehend bestehen, vorausgesetzt dass zugleich grosse Sauerstoffmengen geboten werden. Es tritt dann, wie schon Legallois fand, der merkwürdige Fall einer totalen Umkehr der Norm ein, d. h. eine Absorption von Kohlensäure.

V. Zwischen III und IV muss ein Indifferenzpunkt liegen, charakterisirt durch Gleichheit der Kohlensäurespannung in der Lungenluft einerseits und dem Blut andererseits; es wird nunmehr vom Lungenblut weder Kohlensäure abgegeben, noch solche aus der Lungenluft aufgenommen. Dieser Indifferenzpunkt kann bei sehr verschiedenen % Kohlensäurewerthen beginnen; er hängt namentlich ab von dem zur Disposition stehenden Sauerstoffvorrath (223); auch kann derselbe bei der Labilität der betreffenden Körperzustände nur auf kurze Zeit beibehalten werden; er muss bald einer geringen Aufnahme oder Abgabe von Kohlensäure Platz machen, kann aber später wiederkehren u. s. w.

Beim respiratorischen Gaswechsel kommt bloss die absorbirte Kohlensäure in Betracht, da die Ausscheidung der Kohlensäure den einfachen physikalischen Gesetzen der Diffusion und Absorption der Gase gehorcht. Dasselbe ist der Fall bei dem Stickgas, das im Blut nur mechanisch absorbirt enthalten ist.

223. Aufnahme von Sauerstoff in das Blut.

Die beträchtlichen Sauerstoffmengen, welche beim Athmen in das Blut übergehen, bestimmten, mit Rücksicht auf die verhältnissmässig geringe Ab-

sorptionsfähigkeit der meisten Flüssigkeiten für Sauerstoffgas, viele Physiologen schon längst zur Annahme, dass die Sauerstoffaufnahme in das Blut wesentlich durch chemische Anziehungen vermittelt werde. Die Absorptionsversuche bekräftigen diese Ansicht. Nach L. Meyer ist nur ein kleiner Theil des vom Blut verschluckten O einfach absorbirt, das meiste dagegen chemisch gebunden, wenn auch nur durch geringe Affinitäten und desshalb aus dem Blute durch mechanische Mittel (32) abscheidbar. Die Sauerstoffaufnahme ist demnach nur zum kleineren Theil ein physikalisches Absorptionsphänomen. Blutserum nimmt übrigens viel weniger O auf, als die Blutkörperchen, deren Hämatin zu O eine grosse Verwandtschaft zeigt.

Aus der begierigen Sauerstoffattraction des Blutes folgt: 1) Auch in verdünnter Luft kann noch geathmet werden. Würde die O Aufnahme vorzugsweis nach dem mechanischen Absorptionsgesetz erfolgen, so könnten Thiere in hohen Elevationen über dem Meer nicht bestehen. 2) Beim Athmen in grössern abgeschlossenen Lufträumen wird nach und nach fast aller Sauerstoff verzehrt (Nysten).

Ludwig und W. Müller setzten die Trachea von Thieren durch eine Röhre in Verbindung mit abgeschlossenen Sauerstoffräumen. Letztere enthielten, beim Beginn des Todes der Versuchsthiere, grosse Kohlensäuremengen (20 bis 68 %, die höheren Werthe bei grösseren Athemräumen), während die O Mengen auf 60 bis 20 % gesunken waren.

Auch andere Bestandtheile des Blutes ausser dem Hämatin dürften bei der Aufnahme des Sauerstoffs betheiligt sein, namentlich der Faserstoff, dessen coagulirte Form nach Scherer O begierig verschluckt. Die von Schönbein entdeckte Modification des O, das durch seine oxydirenden Eigenschaften ausgezeichnete Ozon, spielt wahrscheinlich beim Respirationsakt, wie bei den langsam erfolgenden Verbrennungen überhaupt, eine wesentliche Rolle. Die Ozonmenge in der Luft ist sehr gering (sie wird auf viel weniger als ein Milliontel geschätzt); etwas grössere Ozongehalte wirken reizend und sekretionsvermehrend auf die Respirationsschleimhaut; ein Ozonantheil von $\frac{1}{1000}$ tödtet kleine Säugethiere schnell. Es müssen also im Blut und den Geweben (vorerst noch unbekannte) Bestandtheile vorhanden sein, welche den gewöhnlichen, trägen O in den oxydationsfähigeren „activen“ umsetzen. Die Blutkörperchen zeigen eine bemerkenswerthe Verwandtschaft zum bereits gebildeten Ozon, indem sie letzteres anderen Körpern, die Ozon aufgenommen haben, begierig entziehen (Schönbein, His).

Man übersehe übrigens nicht, dass Absorptionsversuche nur mit defibrinirtem Blut angestellt werden können. Möglicherweise bietet das lebende Blut günstigere Bedingungen für die physikalische OAbsorption. Die chemische Theorie darf um so weniger ausschliesslich dominiren, als der Mensch in hohen Elevationen (und zwar nicht blos beim vorübergehenden Aufenthalt) schwerer athmet und schon durch kleine Anstrengungen Athemnoth, Schwindel und dergl. erleiden kann (Vetakrankheit der Peruaner). In den hochgelegenen Gegenden der Andes zeigen die Einwohner eine auffallende Ausdehnung des Brustkorbes (Humboldt).

Regnault und Reiset liessen Warmblüter mehrere Stunden in einer Atmosphäre athmen, die 2—3mal mehr O enthielt, als die gewöhnliche Luft. Gleichwohl sollen die Thiere nicht im geringsten belästigt gewesen sein; die verschwundenen O Mengen waren die gewöhnlichen, ein weiterer Beweis allerdings, dass die O Aufnahme vorzugsweise ein chemischer Akt ist. Nach Mar-

chand dagegen absorbiren Frösche beim stundenlangen Aufenthalt in einer O Atmosphäre grössere O Mengen als in gewöhnlicher Luft.

Eine andere Frage ist, wie gestaltet sich die OAufnahme in den ersten Minuten des Versuches. Nach älteren Forschern, z. B. Allen und Pepys, werden bei plötzlicher Vertauschung gewöhnlicher Luft mit einer überwiegenden OAtmosphäre viel grössere OMengen aufgenommen, eine Angabe, die zwar nicht unwahrscheinlich, jedoch erneuter Bestätigung bedarf. Jedenfalls wird die Accommodation sehr bald erfolgen, welche die OAufnahme auf das gewöhnliche Maass zurückführt.

Die älteren Angaben, dass Thiere, die in O athmeten, wenn sie in irrespirabele Gasarten gebracht werden, später ersticken und ihre Muskelreizbarkeit nach dem Tode später verlieren, ferner die grössere Gerinnbarkeit und die von Bernard neuerdings bestätigte helle Röthe des Venenblutes beim Athmen in O und dergl., lassen sich mit den Ergebnissen von Regnault und Reiset vorerst noch nicht vereinigen.

224. Umwandlung des venösen Blutes in arterielles.

Das Blut kommt venös in den Lungenkapillaren an, um als arterielles durch die Lungenvenen und das linke Herz den Capillaren der Körperorgane zugeführt zu werden. Die Capillarität der Lungenzellen stellt zwischen Blut und Lungenluft eine ungeheure und innige Contactfläche dar, welche den respiratorischen Gaswechsel der grossen Blutmassen, die durch die Lungen strömen, in hohem Grade begünstigt.

Die auffallendste Veränderung des Blutes ist die Umwandlung der dunkelrothen Farbe in eine lebhaft hellrothe. Wird die Luftröhre verschlossen, so fliesst in wenigen Sekunden merklich dunkleres Blut in den Arterien; ebenso schnell ändert sich die Farbe, wenn die Trachea wieder geöffnet wird (Bichat). Das arterielle Blut gerinnt schneller als das venöse.

Das Blut verliert in den Lungen (abgesehen von kleinen, direkt nicht mehr bestimmbaren Mengen Stickgas) Kohlensäure und nimmt Sauerstoff auf. Magnus hat zuerst nachgewiesen, dass das arterielle Blut, im Gegensatz zum venösen, reicher ist an O und ärmer an $\ddot{C}$ Durch seinen grösseren O gehalt wird das arterielle Blut namentlich befähigt, die Funktionen der Nerven und Muskeln, die eine bedeutende O zufuhr bedürfen, zu unterhalten, wie auch aus den Wirkungen der Infusion des Blutes hervorgeht. Thiere, welche durch grosse Blutverluste scheintodt geworden sind, werden nicht gerettet, wenn Blutserum, wohl aber wenn geschlagenes hellrothes Blut in ihre Adern gespritzt wird. Dagegen ist die Infusion von mit Kohlensäure geschütteltem Blut tödtlich.

Da das Blut der Lungencapillaren auch zur Ernährung der Wandungen der Lungenzellen dient (die Ernährung der Bronchien, Bronchialdrüsen u. s. w. ist dagegen den Bronchialarterien übertragen), so müssen sich auch diese Wechselwirkungen mit dem Parenchym der Lunge bei der Zusammensetzung des rückfliessenden Lungenvenenblutes geltend machen; die Veränderungen sind aber, wegen der ungeheuren durchströmenden Blutmassen, so gering, dass sie sich der Analyse entziehen.

225. Umwandlung des arteriellen Blutes in venöses.

Schon Mayow und Muschenbroek haben gezeigt, dass die Organe im Vacuum der Luftpumpe Gase hergeben. In der Capillarität der Organe kommt

das arterielle Blut in Wechselwirkung mit den in den Gewebsäften gelösten Gasen. Diese sind ärmer an O, reicher an $\ddot{C}$; es findet also ein dem respiratorischen Gaswechsel in den Lungen, der Richtung nach, entgegengesetzter Process statt: *der parenchymatöse Gaswechsel besteht in einer Abgabe von O aus dem Blut und einer Aufnahme von $\ddot{C}$ in das Blut.* Bei dem Ortswechsel der Körpergase verhalten sich die Gewebsäfte dem Blut gegenüber, wie dieses sich verhält gegenüber der Atmosphäre.

Dieser parenchymatöse Gaswechsel muss je nach den Geweben verschieden sein, so dass das Blut in einzelnen Provinzen des Venensystems von einander abweichend zusammengesetzte Gasmengen führen wird. Die grösste Stärke wird der Gaswechsel wohl im Muskel- und Nervensystem erreichen, wie schon die grosse Abhängigkeit der Leistungen beider Systeme von der Athmung wahrscheinlich macht. Auspräparirte Froschmuskeln, wenn sie in Thätigkeit versetzt werden, entziehen der Atmosphäre mehr Sauerstoff und geben in dieselbe mehr Kohlensäure ab, als im ruhenden Zustand (95). Nach *Valentin* hängt der Wechsel des Kohlensäuregases zwischen präparirten Froschmuskeln und dem umgebenden Gasraum von dem Kohlensäuregehalt des letzteren ab. Steigt derselbe auf etwa 7 %, so kommt die Kohlensäureabgabe der Muskeln zum Stillstand; bei noch grösserem Kohlensäuregehalt verschluckt der Muskel sogar Kohlensäure. Dass im Warmblüter die Organe noch Kohlensäure abgeben können bei einer viel grösseren Kohlensäurespannung des Blutes, geht aus 223 hervor. In Stickgas oder Wasserstoffgas geben die Muskeln nur geringe Kohlensäuremengen ab.

Nach *Bernard* soll das Blut durch die Venen der Drüsen (Niere, Pankreas, Unterspeicheldrüse) hellroth wie arterielles abfliessen, sowie deren Secretion in Gang kommt, dunkelroth dagegen wenn sie abnimmt oder ganz aufhört. Nach Reizung der Facialisfasern der Submaxillardrüse soll das Blut roth und in grosser Menge durch die Vene zurückfliessen, nach Reizung der Sympathicuszweige der Drüse aber dunkel und in geringer Menge.

226. Bildungsstätten der Kohlensäure.

Die Blutgase erleiden ihre wesentlichsten Veränderungen in den Capillaritäten. Der Sauerstoff wird theils mechanisch absorbirt, theils in lockerer chemischer Verbindung den Capillaren der grossen Blutbahn zugeführt, um dort gegen die Kohlensäure der Gewebsäfte ausgetauscht und zur Oxydation von Gewebebestandtheilen verwendet zu werden. *Die Gewebe stellen den Hauptheerd der Oxydationsprocesse dar.* Ausserdem betrachtet man auch das *Blut* als eine Stätte energischer Oxydationen und lässt dieselben auf dem Wege zwischen den Lungen und der Capillarität vor sich gehen. Jedenfalls müssten dadurch die Proportionen der Blutgase, also auch die Blutfärbung, schon innerhalb der Arterien merklich verändert werden. Dieses ist aber nicht der Fall; wir dürfen demnach wohl schliessen, dass die Oxydationen innerhalb der Blutmasse bedeutend zurückstehen hinter den Oxydationen in den Geweben. Die ausgeathmete Kohlensäure rührt demnach ganz vorzugsweis her von den

Geweben; gewisse, nicht näher bestimmbare Mengen mögen von der Blutmasse unmittelbar abstammen, endlich ein, vielleicht nicht unbedeutender Antheil von dem Lungengewebe selbst.

227. Schicksale des absorbirten Sauerstoffes.

Die Oxydationen geschehen auf Kosten des Kohlenstoffes und Wasserstoffes der Körperbestandtheile. Die hier ganz vorzugsweis in Betracht kommenden Endprodukte sind Kohlensäure und Wasser. Die chemischen Zwischenglieder dieser Processe sind dagegen fast unbekannt.

Die sog. Kohlenhydrate enthalten, ausser C, noch H und O, und zwar letztere im Verhältniss wie im Wasser; doch kann man annehmen (281), dass das H hier schon oxydirt, also bloss C zu verbrennen sei. Die Fette bedürfen ausser den geringen Omengen, die sie bereits führen, zur Oxydation ihres C und H weitere Oquantitäten. Die Kohlenhydrate und Fette zerfallen demnach schliesslich in Kohlensäure und Wasser. Die Eiweisskörper dagegen bilden bei ihrem Zerfall den durch seinen Stickstoffgehalt ausgezeichneten Harnstoff. Fast aller N der Körperbestandtheile wird in Form von Harnstoff ausgeschieden. Nach Abzug des im Harnstoff ausgeführten C, H und O bleiben weitere C- und H-atome zurück, zu deren Oxydation ausser dem in den Eiweisskörpern bereits enthaltenen O, atmosphärisches O verwendet wird.

Die genannten Hauptbestandtheile des Körpers enthalten in 100 Theilen folgende C-, H- und Oantheile und bedürfen zu ihrer Oxydation, unter den gemachten Voraussetzungen, die beistehenden Omengen.

	C	H	O	O Bedarf.
Fett	78,1	11,8	10,1	292
Stärkmehl	44,5	6,2	49,3	118
Fleisch	46,1	4,7	13,7	147

Das Verhältniss der Wasserbildung zur Kohlensäurebildung ist bei der Oxydation obiger Stoffe ein sehr verschiedenes. Der Verfall der Kohlenhydrate führt zu keiner Wassererzeugung, während die Eiweisskörper, ganz vorzugsweis aber die Fette, bei ihrer Spaltung schliesslich gewisse Wassermengen entstehen lassen. Von 100 Theilen O würden demnach zum Vorschein kommen in Form von C̈ bei der Oxydation der Kohlenhydrate 100, dagegen bei der des Fleisches nur 83, des Fettes 72 Theile (Liebig).

Dulong und Despretz fanden, dass der Fleischfresser von dem beim Athmen verschwundenen O viel weniger wieder in Form von Kohlensäure ausathmet, als der Pflanzenfresser; nach Regnault und Reiset kommen im Hunde von dem absorbirten O wieder zum Vorschein in Form von Kohlensäure: bei Fettnahrung 69, Fleischnahrung 79, Amylonnahrung 91 %, wobei es sich von selbst versteht, dass bei ausschlicsslicher Fettnahrung nicht bloss Fette, sondern auch andere Körperbestandtheile der Oxydation anheimfallen.

228. Stickgasausscheidung.

Die Ausscheidung von Stickgas durch die Respiration gehört in vieler Beziehung zu den noch unentschiedenen Fragen. Das aus dem Lungenblut in die Lungenzellen abgegebene Stickgas kann zwei Quellen haben:

1) Stickstoff von Körperbestandtheilen. Die meisten früheren Forscher, in neuerer Zeit noch Bischoff in seinen ersten Arbeiten, behaupteten, dass der Stickstoffgehalt der Zufuhren viel grösser sei, als die im Harn wieder zum Vorschein kommende Stickstoffmenge. Später kam man zum Ausspruch, dass das Stickstoffdeficit im Harn nur gering sei und sich höchstens auf sehr wenige Gramme in 24 Stunden belaufe; das Deficit müsse also gedeckt werden durch anderweitige stickstoffhaltige Excretionsprodukte oder (da solche, in genügenden Mengen wenigstens, nicht vorhanden sind) durch eine wirkliche Stickgasausscheidung beim Athmen. In neuester Zeit ist es aber, namentlich durch Voit, nicht unwahrscheinlich geworden, dass, wenigstens in gewissen Thieren (beim Menschen fehlen direkte Erfahrungen), sämmtlicher, in der Nahrung aufgenommener und in die Säftemasse übergegangener Stickstoff in Form von Harnstoff und Harnsäure den Körper wieder verlässt; die kleinen Stickgasmengen, welche durch die Athmung in der That ausgeschieden werden, müssen in diesem Fall andere Quellen haben, namentlich das in das Blut übergehende:

2) Stickgas des Nahrungsschlauches. Dieses rührt (199) von den nicht unbeträchtlichen Mengen atmosphärischer Luft her, welche wir mit dem Speichel, den Speisen und Getränken abschlucken. Ein Theil desselben kann in das Blut übergehen.

Das Stickgas spielt also, da es höchst wahrscheinlich kein Produkt des Stoffwechsels selbst ist, beim Athmen nur eine accessorische Rolle. Weitere Stützen für diese Ansicht sind: 1) Spaltungen der Stickstoffhaltenden Körperbestandtheile, die zur Stickgasbildung führen könnten, sind unbekannt. 2) Nach manchen Forschern, namentlich Regnault und Reiset, sollen beim Athmen in hungernden Thieren ausnahmsweis kleine Stickgasmengen aus der Atmosphäre verschwinden. Diese (bei den hier möglichen Versuchsfehlern allerdings nicht leicht zu beweisende) völlige Umkehr des Processes, sowie 3) der geringe Absorptionscoëfficient des Blutes für das Stickgas stellen wenigstens die direkte Bedeutung des letzteren für das Athmen sehr zurück. Dazu kommt noch 4) dass in der Regel (oder immer?) das Blut mit Stickgas gesättigt zu sein scheint, sodass keine erheblichen Variationen der Stickgasausscheidung möglich sind; während gerade diejenigen Gase, welche sich lebhaft bei der Respiration betheiligen, lange nicht bis zu ihrem Sättigungspunkt, sondern in variabelen Mengen im Blute vorkommon, wodurch allein eine dem Respirationsbedürfniss entsprechende, schnelle Steigerung oder Minderung des Gaswechsels ermöglicht wird.

229. Athmen in fremden Gasarten.

Seit Priestley, Lavoisier und Humphry Davy wurden hierüber zahlreiche Versuche angestellt. Der Respiration gegenüber zerfallen die Gase und Gasmischungen in vier Gruppen:

1) Atmosphärische Luft. Sie allein kann anhaltend geathmet werden. Ihre Zusammensetzung im Freien darf geradezu als konstant angesehen

werden und selbst in geschlossenen Zimmern, in denen sich eine grössere Anzahl Menschen befindet, kann der Kohlensäureantheil nicht leicht 1 % erreichen.

Pettenkofer fand in einem Wohnzimmer ohne Ventilation 9 Zehntausendtel Kohlensäure; in Hörsälen 1—3, Schulzimmern bis 7, Wirthszimmern (nach mehrstündiger Anwesenheit der Gäste) 4—5 Theile in 1000 Theilen Luft. Sobald übrigens die Luft mehr als 2—3 pro mille Kohlensäure enthält, wird sie uns widerlich, durch beigemischte organische Ausdünstungsstoffe von unbekannter Natur.

2) Gase, die nicht positiv, sondern nur durch Sauerstoffmangel schädlich sind. Hierher gehören das Stick- und Wasserstoffgas. In einer reinen Atmosphäre derselben tritt sogleich Athemnoth ein, das Blut läuft venös ab aus den Lungen; nach 2—3 Minuten sind Säugethiere scheintodt. In reinem N gas wird Kohlensäure aus dem Blut ausgeschieden, dagegen N vom Blut absorbirt, aber nur kleine Mengen, wegen der geringen Absorptionsfähigkeit des Blutes für dieses Gas. Analoge Erscheinungen bietet das Athmen von Wasserstoffgas. Das Blut giebt in solche O freie Gase kein O ab, ein bemerkenswerther Unterschied vom defibrinirten Blut, wenn dasselbe mit N oder H gas geschüttelt wird.

3) Mischungen der Gase der zweiten Gruppe mit Sauerstoff. Wird das Stickgas der Atmosphäre durch Wasserstoffgas ersetzt, so athmen die Thiere ohne Beschwerden (Lavoisier und Seguin). Regnault und Reiset setzten Thiere viele Stunden einer solchen Mischung aus und fanden Vermehrung sowohl der O absorption als der $\ddot{C}$- und N exhalation. Das H, dessen Absorptionscoëfficient sehr gering ist, blieb nahezu unverändert. In von der Atmosphäre abweichenden Mischungen von O und N kann ebenfalls einige Zeit geathmet werden.

Eine Art Sauerstoffsurrogat ist in gewissem Sinne das Stickstoffoxydulgas Davy's. Es kann in grösseren Portionen geathmet werden, wobei es freilich Zustände von Exaltation, rauschähnliche u. dergl. Erscheinungen verursacht. Davy zeigte, dass alsdann das Gas in grösseren Mengen absorbirt wird, wogegen Kohlensäure und Stickgas abgegeben werden. In irrespirabeln Gasen asphyktisch gewordene Thiere leben in Stickoxydul wieder auf (Unzer)

4) Positiv schädliche Gase. Sie bewirken, in das Blut aufgenommen, Zersetzungen; manche (namentlich Chlor, Ammoniak, salpetrige Säure) ausserdem noch heftige Reizungen der Respirationsorgane, starke Secretion der Bronchien, Husten und Stimmritzenkrampf. Zu den giftigsten Gasarten gehören Kohlenoyxd, Kohlenwasserstoff, Schwefelwasserstoff, Arsenwasserstoffgas. Kohlenoxydgas färbt das Venenblut hellroth (Hoppe), wobei die Blutkörperchen (Hämatin) die Fähigkeit verlieren, durch O und $\ddot{C}$ weitere Farbveränderungen zu erleiden, d. h. als Gasträger zu funktioniren. Die Form der Körperchen wird dabei nicht verändert. Nach L. Meyer's Absorptionsversuchen wird das Kohlenoxydgas vom Blut chemisch gebunden, in Mengen ungefähr wie O gas.

Wir zweifeln nicht, dass Transfusionen von arteriellem Blut sich bei, in deletären Gasen Verunglückten öfters ais heilsam bewähren würden. Die Kohlensäure wurde ehedem mit Unrecht zu den positiv deletären Gasen gezählt; Luft mit ziemlich hohen Kohlensäureprocenten wirkt nicht nothwendig tödtlich (223).

230. Athmen in abgeschlossener atmosphärischer Luft.

Von speciellem Interesse ist das Athmen in Gasmischungen, die aus den 3 bei diesem Process vorzugsweis in Betracht kommenden Gasen, O, $\ddot{C}$ und N, jedoch in von der Norm abweichenden Verhältnissen, zusammengesetzt sind. Man kann solche Gemische dem Thier entweder unmittelbar bieten, oder dieselben durch den Athmungsakt selbst entstehen lassen, indem man das Thier einem abgeschlossenen Volum Atmosphäre aussetzt. Der allmälige Eintritt der Luftverschlechterung in letzterem Fall gestattet sogar eine gewisse Accommodation des Organismus für die fehlerhaft zusammengesetzte Luft, so dass das schon einige Zeit in dem Raum befindliche Thier erst mässige Athembeschwerden verspüren kann, wenn ein frisch hereingebrachtes sogleich die heftigsten Symptone bietet.

Der Sauerstoffgehalt des Gasgemisches beherrscht den Gang der Erscheinungen. Ludwig und W. Müller liessen Thiere durch eine Luftröhrenfistel athmen, wobei die Athemprodukte abgeleitet wurden. Sie erhielten 1) sogleich heftige Erstickungsnoth bei 3 % Sauerstoff, 2) schweres Athmen bei $4\frac{1}{2}$ %, 3) sehr tiefe Athemzüge bei $7\frac{1}{2}$ %; 4) bei 15 % aber keine besonderen Erscheinungen. Bei Regnault und Reiset konnte ein Kaninchen bestehen in einer, von Anfang an gebotenen, Mischung von 23 $\ddot{C}$, 31 O und 46 N.

Die abgesperrte Atmosphäre wird durch das Athmen immer reicher an $\ddot{C}$ und ärmer an O; beim eingetretenen Erstickungstod ist O fast vollständig geschwunden, wogegen die $\ddot{C}$ nicht in entsprechendem Maass zugenommen hat (Berthollet, Legallois). Das Blut äussert also auch hier seine bedeutende chemische Attraction zum atmosphärischen O, während die Organe fortfahren, dem Blut O zu entziehen. Im Blut (langsam) erstickter Thiere ist das O fast vollständig verschwunden (Setschenow) und die $\ddot{C}$ des Athemraums beträgt um diese Zeit erst etwa 12—18 % (Bernard, Valentin).

Valentin untersuchte die allmäligen Veränderungen der abgesperrten Luft durch das Athmen. Die in gleichen Zeiten ausgeathmeten $\ddot{C}$- und verschwindenden O-Mengen nehmen in manchen Fällen stetig ab, in andern aber können sie in einer spätern Periode wieder wachsen, je nach dem Spiel der Athembewegungen. Dieselben werden während der Athemnoth bei dem einen Thier häufiger, dei dem andern seltener. Zur Zeit der höchsten Athemnoth, in der aber noch Rettung möglich ist, zeigt nach Valentin der Athemraum 11— fast 16 % $\ddot{C}$ und $2\frac{1}{2}$—5 % O (nicht zu kleine Säugethierspecies vorausgesetzt). Der Ngasgehalt des Athemraumes scheint einen kleinen Ueberschuss ($\frac{1}{3}$—1 %) gewöhnlich zu bieten. — Es ist also bei der Athemnoth der Gaswechsel absolut bedeutend gemindert, die $\ddot{C}$-Exhalation jedoch mehr als die O-Absorption. Die praktische Medicin würde die O-Inhalationen in gewissen Anfällen von Athemnoth mit Vortheil anwenden können.

B. Athembewegungen.

231. Mechanik des respiratorischen Luftwechsels.

Die Athembewegungen vermitteln die Ventilation der Lungenluft und unterstützen dadurch den respiratorischen Gaswechsel auf das Wirksamste. Im

Verlauf der Einathmung entfernen sich die Thoraxwandungen immer mehr von einander und die kleineren Bronchien, namentlich aber die Lungenzellen gewinnen zunehmend an Raum; die Lungenluft wird dünner, so dass die dichtere äussere Luft durch Mund oder Nase nachströmt. Im Verlaufe der Ausathmung verengert sich dagegen der Brustraum, die Lungenluft empfängt von Seiten der Brustwandungen einen Druck, der grösser ist als der Gegendruck der Atmosphäre, wesshalb, unter Abnahme des Lungenvolumens, ein Theil der Luft wieder nach aussen entweicht. Dieses, mit den Bewegungen eines Blasbalges vergleichbare, abwechselnde Aspiriren und Austreiben von Luft ist verbunden mit Verschiebungen der Lungen an der Brustwand, und zwar in senkrechter und horizontaler Richtung. Daher verdecken bei tiefer Einathmung die vorderen Lungenränder den Herzbeutel fast vollständig.

Die mit den Athembewegungen wechselnden Spannungen der Lungenluft werden gemessen mittelst des Manometers, einer U förmig gebogenen Glasröhre, deren einer (innerer) Schenkel in ein elastisches Rohr übergeht, das in ein Mundstück endet, welches luftdicht auf den Mund gesetzt wird. Beide Schenkel enthalten Quecksilber bis zu einer gewissen Höhe. Beim Ausathmen ist der Druck positiv, d. h. grösser als der Atmosphärendruck; das Hg steigt im äussern Schenkel, um ebensoviel im innern zu fallen, die Abstände beider Hg niveaux geben den Ausathmungsdruck an. Beim Einathmen ist der Druck negativ; das Hg steigt im inneren und sinkt im äusseren Schenkel. Bei schwachen Athembewegungen betragen die in- und exspiratorischen Druckdifferenzen bloss etwa 2—3 Millimeter Hg (Valentin); sehr starke Ausathmungsanstrengungen können aber das Hg auf 80, 100 und mehr Millimeter heben, die entsprechenden Inspirationswerthe sind dagegen etwas geringer.

Dieses Verfahren, welches weder den Ein- noch Austritt der Luft gestattet, giebt nur vergleichsweis brauchbare Resultate. An Thieren hat Valentin das Manometer seitlich in die Luftröhre eingesetzt.

232. Elasticität der Lungen.

Die Wandungen der luftführenden Canäle befinden sich ununterbrochen in einem Zustand von Spannung; sie müssen sich also beständig zusammenzuziehen streben. Dringt eine Brustwunde im Lebenden oder Todten bis in die Pleurahöhle, so sinkt der entsprechende Lungenflügel zusammen und treibt vermöge seiner, in Anspruch genommenen Elasticität die enthaltene Luft aus. Bei unversehrter Brustwand wird das Zusammenfallen der Lungen verhütet durch den von Mund und Nase her einseitig wirkenden Luftdruck, welcher die Aussenfläche der Lungen an die Innenwand des Brustkorbs hält. Nach Eröffnung des Thorax aber ist die Aussenfläche der Lunge demselben Luftdruck ausgesetzt, wie die Innenfläche, so dass jetzt die Elasticität des Gewebes allein in Wirkung kommt.

Befestigte Carson ein Manometer in die Trachea des Cadavers, so wurde durch

das Zusammensinken der Lungen das im Manometer befindliche Wasser um etwa 1 Fuss gehoben. Donders erhielt niederere Werthe; hatte er die Lunge in das Maximum ihrer Füllung gebracht, so konnte sie bei ihrer Zusammenziehung einen Druck von 18 und mehr M. m. Hg ausüben.

Die Elasticität der Lunge spielt eine wesentliche Rolle bei den Athembewegungen. Die Inspiration ist begleitet von stärkerer Dehnung der Wandungen der luftführenden Canäle und zwar in den feineren Bronchien in relativ höherem Grad als in den grösseren, in den Lungenzellen verhältnissmässig am meisten. Bei der Exspiration aber geben die gedehnten Wandungen den Druck wieder zurück, ihre elastischen Kräfte unterstützen also die Thätigkeit der Exspirationsmuskeln.

233. Rhythmik der Athembewegungen.

Die Athembewegungen erfolgen ohne Unterlass während des ganzen Lebens, jedoch, wie die Herzschläge, mit mannichfaltiger Abänderung ihres durchschnittlichen Rhythmus. Die Zahl der Athemzüge, sog. Athemfrequenz beträgt im Zustand vollkommener Körperruhe durchschnittlich 12 in der Minute; sie kann aber in zahlreichen Körperzuständen bedeutend zunehmen, (s. Physiologie des Gesammtorganismus).

Die Respirationsfrequenz 12 (Funke zählte $13^1/_2$) setzt nicht bloss vollkommene Körperruhe, sondern auch die Abwesenheit aller, Hals, Brust oder Bauch auch nur im geringsten beengenden Kleidungsstücke, sowie endlich vollkommen unbefangenes Athmen voraus. Die meisten Menschen athmen abnorm schnell, sowie sie wissen, dass ihre Respiration beobachtet wird. Aus beiden Gründen erklären sich viele, das richtige Maass allzuweit überschreitende herkömmliche Angaben über Respirationsfrequenz.

Zum genaueren Studium der Athembewegungen benutzte Vierordt das graphische Verfahren. Der eine Arm eines 2armigen Hebels wurde auf das Abdomen gelegt, während der andere, etwas längere Arm, dessen Ende mit einem Pinsel versehen war, die respiratorischen Bauchbewegungen (schwach vergrössert) auf das Kymographion verzeichnete. Zur Untersuchung der schwachen Athembewegungen kleiner Thiere diente der Sphygmograph. Die Athembewegung im Zustand vollkommener Körperruhe zerfällt in 4 Stadien: 1) Einathmung, 2) Einathmungspause (nur sehr selten vorhanden), 3) Ausathmung, 4) Ausathmungspause; diese nimmt etwa $^1/_5$ der Dauer eines ganzen Athemzuges ein; sie fehlt aber immer beim frequenteren Athmen.

Die Dauern der einzelnen Athembewegungen einer längeren Versuchsreihe variiren, im Ruhezustand des Körpers, etwa um das zweifache, viel mehr aber beim Sprechen und Vorlesen. Wird die Zeit der Inspiration = 10 gesetzt, so beträgt die der Exspiration (sammt Pause) 14 bis 24; im ersten Fall heissen die Athemzüge »träge«, im zweiten (also mit relativ kurzen Inspirationszeiten) »schnelle«. Mit Abnahme der Athemfrequenz werden die Athemzüge »schneller«. Die Höhen der graphisch verzeichneten Athemcurven einer Versuchsreihe variiren in der Körperruhe etwa um 70 %, sehr viel stärker aber beim Sprechen und Vorlesen.

234. Mengenverhältnisse der Athem- und Lungenluft.

Eine Exspiration im Zustande des ruhigen, unbefangenen und daher seltenen und relatif tiefen Athmens fördert etwa 500 Cubikcentimeter Luft (reducirt auf Körperwärme und Barometermittel) hervor. Diess giebt, bei 12 Athemzügen in 1 Minute 6000, in 24 Stunden 9—10 Millionen C. C. M. (für letztere Zahl eine ruhige Lebensweise und ungefähr eine Compensation der stärkeren Athemvolume bei Bewegungen durch die geringeren Werthe während des Schlafes vorausgesetzt).

In 24 Stunden werden nach Scharling ausgeathmet 443000 C. C. M. Kohlensäure; der mittlere Kohlensäuregehalt der Athemluft beträgt 4,3 %; was wiederum ein Athemvolum von etwas über 10 Millionen C. C. M. in 24 Stunden ergiebt.

Ausserdem kommt in Betracht die Füllung der Lungen mit Luft. Man unterscheidet:

1) Die Luftfüllungen in den einzelnen Körperzuständen, wie Ruhe, Bewegung, Verdauung u. s. w. Man vollbringt, nachdem eine dem Zustand entsprechende Inspiration vorangeschickt wurde, eine möglichst starke Exspiration. Das so erhaltene Luftvolum beträgt im Zustand der Körperruhe etwa 1600—1800 C. C. M. Dazu ist noch, da die Lungen bei weitem nicht vollständig entleert werden können, ein, beim Einzelindividuum unbestimmbarer, weiterer Werth zu rechnen, etwa 1200 C. C. M. (Residualluft Hutchinson's).

Manche schlagen die Residualluft bis zu 2000 C. C. M. an. Unpassend ist die Bestimmung dieses Werthes am Leichnam, indem durchaus nicht angenommen werden darf, dass die Lungenfüllung hier dem Zustand der grösstmöglichen Exspiration entspreche.

2) Maximalfüllung (sog. Vitalcapacität Hutchinson's). Man lässt möglichst tief inspiriren und dann ebenso stark exspiriren. Ein mittelgrosser Mensch fördert dabei 3200 C. C. M. hervor. Die Residualluft mitgerechnet würde die Maximalfüllung des Respirationsapparates etwa 4400 C. C. M. betragen.

Je geringer das Athembedürfniss gerade ist, desto mehr entfernt sich das im Respirationsapparat enthaltene Luftvolum von der Maximalfüllung; so namentlich im Schlaf, bei Körperruhe. Beim lauten und anhaltenden Sprechen werden oft Inspirationen gemacht, welche die Maximalfüllung erreichen; dasselbe ist der Fall in vielen Zuständen krankhafter Athemnoth.

Die gewöhnlichen Füllungsgrade der Lungen (die für Physiologie und Pathologie gerade das meiste Interesse haben) sind kaum zu bestimmen, weil fast alle Versuchspersonen dann abnorm athmen. Die Maximalfüllungen liefern wenigstens einigermaassen vergleichbare Werthe. Hutchinson hat letztere Frage zuerst genauer untersucht und gezeigt, dass eine Reihe von physiologischen und pathologischen Zuständen hier maassgebend ist. Den grössten Einfluss übt die Körperlänge (619).

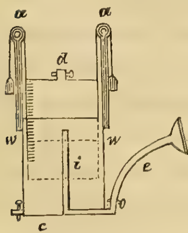


Fig. 47.

Hutchinson's Apparat (Spirometer) Fig. 47, zur Ansammlung der Athemluft ist ein einfacher Gasometer. Er besteht aus dem unten geschlossenen Cylinder *c*, in welchem der oben geschlossene, unten offene Cylinder *d* steckt. Der Apparat ist bis *w* mit Wasser gefüllt, über welches Röhre *i* hervorragt. Letztere communicirt mit der mit einem Mundstück versehenen elastischen Röhre *e*. Die durch *e i* eingetriebene Ausathmungsluft erhebt den Cylinder *d*, an dessen Scala die Luftvolume, nach Abschluss von *e* durch den Hahn, abgelesen werden. Gleichheit der Spannung der inneren und äusseren Luft wird erhalten durch 2 an Schnüren hängende Gewichte, die über die Rollen *a* geschlagen sind.

Grehant suchte ein bekanntes Volum Wasserstoffgas (von dem wohl keine erheblichen Mengen durch Absorption verschwinden) mit der Lungenluft vollständig zu vermischen (was nach 4—5 Ein- und Ausathmungen erfolgt sein soll) und aus dem H-gehalt eines Theiles der Mischung das Luftvolum des gesammten Respirationsapparates zu berechnen. Das Verfahren verdient eine nähere Prüfung; dem reinen Hgas wäre aber ein Gemisch von Atmosphäre und Hgas vorzuziehen.

235. Respiratorische Formänderungen des Thorax.

Die respiratorischen Erweiterungen und Verengerungen des Thoraxraumes erfolgen nach allen Richtungen:

1) Längsdimension. Zur inspiratorischen Vergrösserung des Brustraumes in der Richtung von oben nach unten dient ganz vorzugsweis das Zwerchfell, welches, während der Einathmung thätig, nach abwärts und vorwärts sich bewegt. Während der exspiratorischen Verkleinerung der Längsdimension steigt das Zwerchfell passiv wieder aufwärts.

2) Die beiden anderen Dimensionen, d. h. der horizontale Querschnitt des Thorax, werden verändert durch die Rippenbewegungen. Die nach aussen konvexen Rippen sind mit den Brustwirbeln durch zwei, eine sehr mässige Beweglichkeit gestattende Gelenke, die Knorpel der wahren Rippen mit dem Brustbein durch straffe Gelenke verbunden. Die falschen Rippen hängen nur indirekt mit dem Brustbein zusammen, die zwei untersten sind ganz frei. Die Elasticität der Rippenknorpel ist jedenfalls bei den Rippenbewegungen wichtiger, als deren Articulationen mit dem Brustbein.

Die Rippen drehen sich um eine durch ihre beiden hinteren Articulationen, also von innen und vorn nach aussen und hinten gelegte Axe (Helmholtz); das vordere Ende der Rippen liegt tiefer als diese Axe und ist sehr weit von letzterer entfernt. Desshalb kann, wenn man die Rippen vom Brustbein trennt, eine kleine Rotation um genannte Drehaxe die vorderen Rippenenden 1) verhältnissmässig stark heben und 2) zugleich von der, den Thorax in zwei symmetrische Hälften theilenden, Medianebene entfernen. Bei der Verbindung aber der Rippen mit dem Brustbein ist die letzterwähnte zweite Bewegung nicht möglich, wohl aber die Erhebung der Rippen, so zwar, dass sie während der Inspiration grössere Kreise um den Thorax beschreiben. Diese Bewegungen übertragen sich auf das Brustbein, welches nach vorn und etwas nach aufwärts steigt. Dabei findet eine Torsion der Rippenknorpel statt, deren Elasticität die exspiratorische Senkung zu unterstützen vermag.

Die falschen Rippen, sowie die mit langen Knorpeln versehenen, untersten wahren sind vom Brustbein viel unabhängiger. Die inspiratorische Erhebung und exspiratorische Senkung ihrer vorderen Enden ist relativ viel weniger stark ausgesprochen als die mehr horizontale Auswärts- und Einwärtsbewegung. Die Erweiterung der einzelnen Rippenringe erfolgt somit bei den oberen Rippen mehr durch Drehung, wobei sich der untere Rippenrand etwas mehr nach auswärts der obere nach einwärts bewegt; bei den unteren Rippen dagegen mehr durch einfaches Auseinanderweichen.

236. Inspirationsmuskeln.

Der hauptsächlichste Einathmungsmuskel ist das Zwerchfell, dessen Abflächung zunächst die Längsdimension des Brustkorkes vergrössert. Mit zunehmender Abflachung des Zwerchfells nimmt sowohl die Wölbung des Bauches als der Druck der Baucheingeweide zu. Da nun der Lendentheil des Zwerchfells unverrückbar von den Lendenwirbelkörpern entspringt, der Rippentheil dagegen von den nachgiebigen 6 untern Rippen, so werden bei jeder stärkeren Zwerchfellzusammenziehung durch den Druck der Baucheingeweide die unteren Rippenringe erweitert und zugleich etwas erhoben. Schneidet man bei unversehrter Bauchhöhle die oberen Rippenringe weg, so nimmt nach galvanischer Reizung des Zwerchfelles oder der Nervi phrenici die untere Apertur des Rippenkorbes in der That zu. Reizte Duchenne mittelst der Schläge der Inductionsmaschine beide N. phrenici am Menschen (sie sind dem Strom zugänglich am äusseren Rand des Sternocleidomastoideus, oberhalb des Omohyoideus), so erweiterte sich die untere Thoraxapertur unter einem, durch den schnellen Lufteintritt verursachten, seufzenden Geräusch.

Nach Entfernung der Baucheingeweide fällt die besprochene Wirkung natürlich weg und die Zwerchfellthätigkeit führt zu einer Verkleinerung der unteren Thoraxapertur.

Ueber die Rolle der Intercostalmuskeln besteht ein alter Streit. Wahrscheinlich verdient die, namentlich auch von Haller vertretene, Ansicht den Vorzug, welche die äusseren und inneren Intercostalen als Inspiratoren betrachtet. Diese Muskeln haben noch die Aufgabe, die Rippeninterstitien nahezu konstant gross zu erhalten. Die Levatores costarum, zwar schwache Muskeln, aber mit nicht ungünstigen Insertionen, sind Inspiratoren.

Bei der gewöhnlichen, d. h. oberflächlichen und langsamen Einathmung kommt nur das Zwerchfell, und zwar in sehr mässige, Contraction. Die Wirkung ist dann eine geringe, aber allseitige Erweiterung der unteren Rippenringe und eine schwache Wölbung des Abdomens. Die Erweiterungen der unteren Rippenringe erfolgen aber nicht gleichmässig nach den zwei Hauptrichtungen: vorn-hinten und rechts-links. Dieser Gegensatz macht sich besonders geltend beim tiefen und zugleich schnellen Einathmen. Entweder wir vergrössern ganz vorzugsweise den Rechts-links-Durchmesser der unteren Apertur des Brustkorbs, wobei das Abdomen plötzlich abschwillt; oder wir vergrössern vorzugsweise den Thoraxdurchmesser von vorn nach hinten, unter gleichzeitiger bedeutender Anschwellung des Bauches. Ersteres wird gewöhnlich als Brustathmen, letzteres als Bauchathmen bezeichnet. Bei jenem sind die Intercostalmuskeln, bei diesem das Zwerchfell vorwiegend betheiligt. Beide Arten des Athmens wechseln vielfach je nach Körperstellungen, Kleidungsweisen u. s. w.

237. Exspirationsmuskeln.

Die gewöhnlichen Exspirationen erfolgen ohne aktive Muskelbetheiligung. Während der Inspiration sind zahlreiche Federkräfte mehr in Anspruch genommen worden; vorzugsweis das Lungengewebe (232), die Abdominaleingeweide, die Rippen und Rippenknorpel (235). Mit Nachlass der Zwerchfellcontraction müssen die elastischen Kräfte dieser Theile rückwirken; es erfolgt eine langsame und mässige Verkleinerung des Thoraxraumes sammt passivem Aufwärtsdrängen des Zwerchfells. Nach tiefer Inspiration machen sich diese Federkräfte zu Gunsten der Exspiration viel stärker geltend. Bei tieferen oder schnelleren Exspirationen wirken aktiv die Muskeln der Bauchwand namentlich die M. m. obliqui, transversus, rectus, triangularis sterni und quadratus lumborum. Der Quadratus kommt besonders nach solchen Inspirationen in Thätigkeit, welche vorzugsweise den Seitendurchmesser der unteren Thoraxapertur erweiterten; die letzte Rippe und successiv die übrigen werden dann kräftig nach abwärts und einwärts gezogen und die vordere Bauchwand gewölbt, wobei ein Aufwärtsdrängen des Zwerchfells nicht ausgeschlossen bleibt. Die Muskeln der Bauchpresse können hier nicht als active Exspiratoren wirken, wohl aber nach jenen Inspirationen, die mit Wölbungen des Abdomens vorzugsweise verbunden sind.

Die Zahl der Athemmuskeln ist geringer als von Manchen angenommen wird. In gewissen Zuständen von Athemnoth können allerdings noch viele anderweitige Muskeln betheiligt sein. Bei fixirter Wirbelsäule heben die Scaleni die zwei obersten Rippenpaare, die Serrati postici superiores die zweite bis fünfte Rippe. Bei fixirtem Kopf kann der Sternocleidomastoideus Sternum und Clavikel etwas in die Höhe ziehen; nach Fixation der Schulterblätter können die (unteren Zacken der) Serrati antici majores, die Pectorales minores und Subclavii, und nach Fixation der oberen Extremitäten die unteren Portionen der Pectorales majores zunächst ihre zugehörigen Rippen heben.

238. Athemnerven.

I. Die Nerven der Athmungsmuskeln. Der hauptsächlichste Zwerchfellsnerv ist der Phrenicus (Hauptquelle: 4. Cervicalnerv). Nach Durchschneidung beider Phrenici (eine Operation, die nach Budge von Kaninchen ohne lethale Folgen ertragen werden kann) hört das Zwerchfellathmen auf, und die Intercostalmuskeln heben nunmehr den Brustkorb stärker.

Die Intercostal- und Bauchmuskeln werden von den thoracischen Rückenmarksnerven versorgt.

II. Nerven der Respirationsorgane. Diese stammen vom Vagus, Accessorius und Sympathicus. Die Vagusfasern sind sensibel, die des Accessorius motorisch. Der Vagus empfängt vom Accessorius dessen inneren Ast und wird schon dadurch, abgesehen von anderen Beimischungen, ein gemischter Nerv. Der N. laryngeus superior des Vagus ist vorzugsweis sensibel, er versorgt ausser der Kehlkopfsschleimhaut nur den M. cricothyreoideus (Longet). Die Schleimhaut

des Kehlkopfes ist, namentlich an den oberen Stimmbändern, höchst empfindlich; alles andere, ausser der Atmosphäre, verursacht Reizung und dadurch reflectorische Hustenbewegungen. Der vorzugsweise motorische N. laryngeus inferior beherrscht die übrigen Kehlkopfmuskeln. Die Trachea empfängt Vagus- und Sympathicusfasern. Die Lungenzweige des Vagus bilden jederseits einen Plexus pulmonalis, der Beimischungen erhält aus dem oberen Brust- und unteren Halstheil des sympathischen Grenzstranges. Die Zweige des Lungengeflechtes versorgen die Schleimhaut und Bronchialmusculatur, begleiten zunächst die Lungengefässe, deren Lumina sie beherrschen.

Nach Durchschneidung beider Vagi am Hals sinkt die Zahl der Athemzüge bedeutend (Valsalva) und zwar anfangs etwa auf die Hälfte, später selbst auf $^1/_3$ — $^1/_4$ der Norm. Die Inspirationen sind tief, schleppend, mühsam und pfeifend, die Exspirationen dagegen sehr kurz, die Exspirationspausen absolut und relativ lang und zwar nimmt ihre Dauer, sowie die Dauer eines ganzen Athemzuges, bis zum Tod des Thieres immer mehr zu.



Fig. 48.

Die punktirte Linie, Fig. 48, stellt normale Athemkurven eines Hundes dar, die ausgezeichnete dagegen solche, 96 Stunden nach Durchschneidung der Vagi, kurz vor dem Tode.

Das arterielle Blut wird nach der Trennung der Vagi dunkeler; sonst lebhaft rothe Theile, wie die Lippen, färben sich bläulich; die Körperwärme sinkt stark. Die Thiere bieten alle äusserlichen Zeichen ven Athemnoth, wobei freilich unentschieden bleibt, ob sie zugleich die entsprechenden subjectiven Gefühle haben. Junge Kaninchen und Hunde gehen nach etwa 1 Tag, ältere nach 2 — 6 Tagen zu Grunde; nur ganz ausnahmsweis kann das Leben, unter theilweiser Regeneration von Nervenfasern, Wochenlang erhalten werden. Durchschneidung eines Vagus ist nicht tödtlich; dagegen tritt der Tod auch dann ein, wenn auf der anderen Seite die Trennung erst 4 Wochen später geschieht. Die Section ergiebt weit verbreitete Stockungen und Gerinnungen des Blutes in den Gefässen und Ausschwitzungen in beiden Lungen.

Die doppelte Vagustrennung am Hals lähmt auch die unteren Kehlkopfnerven, also nahezu alle Kehlkopfmuskeln, namentlich die Erweiterer der Stimmritze, wesshalb die Stimmbänder zusammenfallen und die Stimmritze bedeutend verengt wird. Dadurch wird das Einathmen in hohem Grade mühsam. Legt man gleichzeitig eine Trachealfistel an, welche den Luftzutritt zu den Lungen direkt vermittelt, so sind die Athembeschwerden zwar geringer, die Athemzüge aber nichts desto weniger seltener, obschon nicht in dem Grade, wie bei der gewöhnlichen Vagustrennung. Die Thiere gehen aber auch nach Anlegung der Fistel an der Lungenaffektion zu Grund.

Durchschneidung der unteren Kehlkopfnerven setzt bloss die Kehlkopfwirkungen der Vagustrennung. Die Athembewegungen erfolgen in den meisten Thieren mühsam, aber ohne die die Vagustrennung charakterisirenden dazwichenliegenden langen Pausen. Hunde und Kaninchen können wochenlang fortleben. Die Kaninchen athmen in der Ruhe sogar ohne auffallende Schwierigkeiten;

erst wenn die Thiere aufgeregt werden, oder sich bewegen, wird ihr Athmen röchelnd (Panum). Katzen, namentlich junge, sterben sogleich nach der Operation an Erstickung. Die Wirkung der Recurrensdurchscheidung hängt demnach vom Bau der Stimmritze ab. Die Lungenaffektion tritt nicht ein nach dieser Operation.

Die Lungenaffektion nach Durchschneidung der Vagi kann also nicht von, im Kehlkopf liegenden mechanischen Athembehinderungen abgeleitet werden, jedenfalls nicht einseitig. Die Ursache liegt grossentheils in dem Wegfall der Thätigkeiten der Lungennerven, wobei es unentschieden bleiben muss, ob mehr die Erweiterung der Lungengefässe, oder direkte, sog. trophische, Wirkungen der Nerven auf das Lungenparenchym maassgebend sind.

Valentin erhielt nach Durchschneidung beider Vagi eine Minderung der ausgeathmeten Kohlensäure, jedoch nur um etwa $^1/_7$ der Norm, während die Sauerstoffabsorption absolut und namentlich relativ zunahm. Diese Veränderungen sind mit Valentin ausschliesslich auf die mechanischen Athemhindernisse zurückzuführen.

Reizt man, nach Durchschneidung beider Vagi am Halse, mittelst der Schläge der Inductionsmaschine die Nerven unterhalb der Schnittstelle, so verändern sich die Athembewegungen nicht; während nach Reizung oberhalb der Schnittstelle die Respirationsbewegungen vorübergehend stille stehen und zwar im Zustand tiefer Inspiration (Traube); schwächere Ströme machen nach Schiff die Athemzüge wenigstens seltener. Die Thätigkeit der Vagi modificiren also auf dem Wege des Reflexes die Verrichtungen der Athemmuskelnerven.

239. Centralorgan der Athembewegungen.

Dasselbe liegt, wie Legallois zeigte, in einer beschränkten Stelle des verlängerten Markes in der Nähe der Vagusursprünge. Man kann das grosse und kleine Hirn schichtweis abtragen ohne Vernichtung der Athembewegungen (kopflose Missgeburten können Athembewegungen ausführen); ferner lässt sich das Rückenmark von unten an schichtweis durchschneiden und damit nur die Athembewegungen der von den respectiven Rückenmarksnerven versorgten Stammuskeln vernichten. Schiff bestätigte die Vermuthung C. Bell's, dass in den Seitensträngen die Leitbahnen für die Athembewegungen enthalten seien. Nach Durchschneidung eines Seitenstranges im obersten Cervicaltheil des Rückenmarkes hören die Athembewegungen der Muskeln derselben Seite auf und es wird selbst die betreffende Hälfte des Zwerchfells sowie die Kehlkopfmuskulatur derselben Seite gelähmt.

Wird die Durchschneidung eines Seitenstranges über dem Abgang des N. phrenicus vorgenommen, so heben sich die Rippen dieser Seite nicht mehr, die Bauchmuskeln ziehen sich nicht zusammen, das Zwerchfell bewegt sich einseitig und verzerrt sich bei jeder Inspiration gegen die gesunde Seite hin.

Nach Verletzung aber des Respirationscentrums in der Medulla oblongata sind die Athembewegungen sogleich vernichtet. Theilt man das verlängerte Mark in 2 symmetrische Hälften, so dauern die Athembewegungen noch fort (Volkmann). Jede Körperseite hat also ihr eigenes Respirationscentrum. Nach Schiff sind beide Centra durch graue Zwischenmasse geschieden und liegen zunächst hinter der Austrittsstelle der Nervi vagi, zu beiden Seiten der hinteren Spitze der Rautengrube.

Reizung des verlängerten Markes mindert die Zahl der Athemzüge. In

gleicher Weise wirkt der Hirndruck; er kann die Athembewegungen auf die Hälfte und noch stärker herabsetzen. Hegelmaier, welcher durch eine Trepanöffnung das Hirn von Kaninchen komprimirte und die Athembewegungen durch die graphische Methode aufzeichnen liess, fand während des Bestehens des Druckes im Vergleich zu den normalen Athembewegungen: 1) geringere Schwankungen der Dauern der einzelnen Athemzüge, 2) grössere Schwankungen der einzelnen Inspirationszeiten, geringere dagegen der einzelnen Exspirationszeiten und 3) »schnellere« Athemzüge, d. h. solche mit relativer Präponderanz der Exspirationsdauern, wogegen die seltenen Athemzüge nach Durchschneidung der Vagi »träge« Inspirationen zeigen.

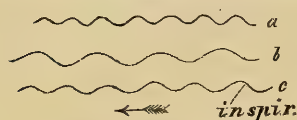


Fig. 49.

Figur 49 stellt nach Hegelmaier in *a* normale Athemcurven eines Kaninchens dar, in *b* solche während des Hirndruckes, in *c* unmittelbar nach Aufhören des Druckes, wobei die Athemzüge an Zahl schnell wieder zunehmen.

Die Athembewegungen erfolgen in der Regel unwillkürlich, also auch im Schlafe oder in bewusstlosen Zuständen. Sehr zahlreiche Einflüsse können die Frequenz und Rhythmik der Athemzüge in hohem Grade abändern, vor allem der Wille; die Nerven der Respirationsmuskeln sind ausnahmslos Hirn- und Rückenmarksnerven. Ausserdem sind Reflexe auf die Athemmuskeln sehr häufig; eine Menge von Reizen sensibeler Nerven setzen reflektirte Einathmungen (z. B. kaltes Wasser, Kitzeln der Haut) oder reflektirte Ausathmungen (s. 240), oder energischere und vermehrte Athembewegungen überhaupt (z. B. Schmerzen), oder endlich geminderte Athembewegungen, z. B. im Kaninchen die mässige Reizung des N. laryngeus superior (Rosenthal) oder verschiedener anderer Nerven, wie der Hautnerven an der Basis des Ohres (Schiff).

Die Periodicität der Athembewegungen ist nicht erklärt. Man stellt dieselben häufig unter die sog. automatischen (115). Man nimmt demgemäss an, dass im verlängerten Mark successiv Reize von freilich unbekannter Art zur Geltung kommen, die endlich in eine Anregung der Nerven der Einathmungsmuskeln ausschlagen. Andere fassen den Vorgang als eine Reflexbewegung auf und lassen dem verlängerten Mark sowohl vom ganzen Körper Erregungen zuführen, als auch von den Lungen aus durch die Vagi: eine Anschauung, die wir aber hier nicht specieller auseinandersetzen können. Nur mag angedeutet werden, dass die Proportionalität zwischen dem Gaswechsel in den Lungen und den Geweben nur erreichbar ist durch, dem jeweiligen Gesammtzustand des Organismus entsprechende Athembewegungen. Die Theorie hätte vor allem zu erklären das rhythmische Zustandekommen der Inspirationsbewegungen; beim ruhigen unwillkürlichen Athmen greifen die Exspirationsmuskeln activ nicht ein.

240. Specifische Athembewegungen.

Hierher gehören in gesunden, wie kranken Zuständen sehr zahlreich vorkommende Modifikationen der Athembewegungen, zum Theil veranlasst durch specifische Ursachen und charakterisirt durch mehr oder minder starke Abänderungen des gewöhnlichen Athemrythmus. Dieselben erfolgen mit oder ohne Willensbetheiligung.

I. Wesentliche Exspirationsakte. 1) Husten. Er besteht in der Regel aus mehreren, kurzen, stossenden Ausathmungen, wobei die Luft unter schallendem Geräusch ausgetrieben wird. Er erfolgt sogleich nach Reizung der Larynxschleimhaut, z. B. durch fremde Körper. 2) Niesen. Meist geht voran ein Kitzelgefühl in der Nase und eine tiefere Inspiration, welcher eine kräftige Exspiration nachfolgt. Diese treibt die Luft heftig durch die Nase und reisst dort angesammelten Schleim unter Geräusch mit sich fort. 3) Lachen. Schnell auf einander folgende kurze, stossende Ausathmungen, verbunden mit eigenthümlichen in der Stimmritze gebildeten Tönen, sowie in der Regel mit Oeffnung des Mundes und Contraction der M. zygomatici majores.

Die drei folgenden Akte sind immer willkürliche. 4) Schneuzen. Durchtreiben eines kräftigen Luftstromes durch die Nase zur Entleerung des angesammelten Schleimes. 5) Räuspern. Der Luftstrom wird schnell und kräftig in den Pharynx und Hintermund getrieben, wobei die Wandungen dieser Theile vibriren und anhaftende Schleimmassen abstossen helfen. 6) Gurgeln. Flüssigkeiten werden bei zurückgebeugtem Kopf in den Hintermund gebracht und, bei zugleich verengter Rachenöffnung, durch schnell aufeinander folgende kurze Ausathmungen in Bewegung gesetzt, wobei die Luftblasen ein eigenes Geräusch bewirken. Der Abfluss des Wassers in den Pharynx und Larynx wird durch den von unten kommenden kräftigen Luftstrom verhütet.

II. Reine Inspirationsakte. 7) Schluchzen. Abgebrochene, kurze, heftige, durch das Zwerchfell vermittelte Inspirationen, vereinzelt oder in Absätzen aufeinander folgend. Das plötzliche Eindringen von Luft in den Kehlkopf bedingt das specifische Geräusch.

III. Combinationen von Ein- und Ausathmungen. 8) Gähnen. Eine tiefe und langsame Einathmung mit nachfolgender, oft lauter Exspiration. Der Mund wird meist weit geöffnet und die Muskeln am Boden der Mundhöhle vermitteln ein eigenthümliches Gefühl. 9) Seufzen. Langsame, tiefe, meist durch den Mund erfolgende Einathmung, mit ebenso beschaffener, sowie von einem charakteristischen Ton begleiteter Ausathmung.

Bemerkenswerth ist die so häufige Verbindung der unter 3, 7, 8 und 9 genannten Bewegungen mit gewissen psychischen Stimmungen.

C. Perspiration und Schweissbildung.

241. Perspiration.

Die allgemeinen Bedeckungen vermitteln einen Gaswechsel mit der Atmosphäre, welcher der Lungenrespiration verglichen werden kann, obschon die Mengenverhältnisse der Gase durchaus andere sind. Die Cutis giebt nämlich her 1) grosse Mengen Wassergas; bei mittleren Temperaturen und mässig bewegtem Leben, ungefähr das Doppelte des Respirationswassers, d. h. 660 Gramme täglich. 2) Etwas Kohlesäuregas; nach Scharling $1/50$, nach Regnault (der nur an Thieren experimentirte) etwa $1/100$ der Lungenkohlensäure, also 10

bis höchstens 20 Gramme in 24 Stunden. 3) Ohne Zweifel auch minime Mengen Stickgas. Andererseits nimmt die Haut aus der Luft etwas Sauerstoffgas auf; doch ist zum Unterschied von der Respiration die Kohlensäureabgabe grösser (nach A. Gerlach 2—5mal), als die Sauerstoffaufnahme.

Die Stärke der Perspiration hängt zunächst ganz vorzugsweis ab von dem Blutreichthum der Haut, d. h. den Blutmassen, die durch die Hautcapillaren fliessen und die unter verschiedenen äusseren, wie im Körper selbst liegenden, Bedingungen im höchsten Grade wechseln. Die Perspiration nimmt zu: 1) mit der Luftwärme. In der Kälte ist die Haut niederer temperirt, blutärmer, trockener, der Parenchymsaft der Lederhaut ist minder reichlich und die Epidermis wasserärmer. In der Wärme dagegen wird die Haut weicher und saftreicher, indem ihr viel grössere Blutmengen zuströmen. 2) Mit abnehmendem Wassergehalt der Luft. Je trockener die Luft, desto mehr wird die Wasserverdunstung begünstigt. 3) Mit zunehmender Bewegung der Luft, vorausgesetzt, dass dieselbe nicht zu nieder temperirt ist. 4) Nach reichlichem Trinken und 5) bei bestimmten Bekleidungsweisen. Letztere dürfen namentlich in der Wärme die Wasserverdunstung nicht beeinträchtigen (sonst entsteht Schweiss), in der Kälte dagegen die Haut nicht allzusehr abkühlen lassen (sonst würde die Perspiration auf ein Minimum herabgedrückt). 6) Die Körperbewegung s. 675.

Bei der Perspiration fällt zwar die Wasserverdampfung allein ins Gewicht; gleichwohl aber bleibt der übrige, der Respiration analoge Gaswechsel sehr bemerkenswerth; beim Frosch ist die Hautathmung sogar wichtiger als die Respiration. Dass die Haut die Bedingungen des Gaswechsels wirklich besitzt, beweist auch die Möglichkeit der Absorption giftiger Gasarten durch die Cutiscapillaren.

Eine Methode zur Untersuchung der Hautperspiration wurde 219 erwähnt. Eine zweite, ältere besteht in Einbringung einer Extremität in einen, durch eine passende Sperrflüssigkeit abgeschlossenen, Gasraum. Die 24stündige Wasserabgabe der Haut ergiebt sich aus dem Rest, der übrig bleibt vom Wassergehalt der Getränke und Speisen, nach Abzug des Urin- und Respirationswassers.

242. Schweiss.

Die Ursachen, welche die Perspiration vermehren, führen in den höheren Graden ihrer Wirkung zur Schweissbildung. Die alsdann in der Regel sehr blutreichen allgemeinen Bedeckungen sondern Wasser in solcher Menge ab, dass dasselbe nicht verdunsten kann. Auch reisst der Wasserstrom gelöste Bestandtheile in viel grösserer Menge fort, als die Wassersecretion der Perspiration. Der Schweiss ist örtlich oder allgemein. Alle im vorigen § angegebenen Ursachen, welche die Perspiration steigern, rufen bei erhöhter Wirksamkeit Schweiss hervor, namentlich sehr warme und feuchte Luft, (im höchsten Grade im Dampfbad, wo das Wasser von der Haut herabrinnt), ferner Körperanstrengungen und die Wasserverdampfung verhütende Einwickelungen. Gewisse Individuen sind in hohem Grade, andere viel weniger zum Schwitzen geneigt. Nerveneinflüsse (Angstschweiss u. s. w.) sind nicht zu läugnen, wenn auch nicht näher erklärbar.

Der an sich farblose Schweiss ist zu Anfang der Secretion, etwas trüblich

durch abgestossene Epidermiszellen, auch wohl durch beigemischtes Talgdrüsensecret. Der frische Schweiss reagirt schwach sauer; sein, an gewissen Körperstellen (Achselgrube, Fusssohle) und bei manchen Menschen auffallender, Geruch rührt vorzugsweis von flüchtigen Säuren her. Die Menge der Fixa beträgt durchschnittlich etwas über 1 %; sie schwankt aber nach Schottin und nach Funke zwischen ¾ bis selbst 2½ %. Die höheren Concentrationen kommen vor bei geringerer Secretion, die niedereren nach starkem Wassergenuss. Die unorganischen Bestandtheile, in welchen Chloralkalien überwiegen, betragen mindestens ½ des festen Rückstands. Ammoniaksalze kommen im frischen Secret (in der Regel wenigstens) nicht vor, wohl aber in kleinen Mengen nach Zersetzung stickstoffhaltiger Bestandtheile des Schweisses. Harnstoff etwa 1 pro mille ist von Picard und Funke nachgewiesen. Ausserdem flüchtige Säuren, namentlich aus der Gruppe der Ameisensäure, nach Schottin besonders Ameisensäure, Essigsäure, Buttersäure. Endlich kleine Mengen Fette, und zwar auch an Stellen, die keine Talgdrüsen enthalten.

Der Schweiss wird nach Schottin am besten beim luftdichten Abschluss einer Extremität in einem Kautschucksack angesammelt. Bei dieser nur zeitweise auftretenden und nach äusseren und inneren Bedingungen so sehr wechselnden Secretion kann von einer Angabe der mittleren Mengen nicht wohl die Rede sein. Funke erhielt am Arm, dessen Oberfläche etwa $^1/_{17}$ der ganzen Hautoberfläche bildet, innerhalb einer Stunde 4—48 Gramme Schweiss (letztere Menge bei angestrengter Bewegung).

243. Organe der Perspiration und Schweissbildung.

Die Cutis bietet auf ihrer ganzen Oberfläche, die etwa 15 □Fusse beträgt, die Bedingungen zur Perspiration. Ueber die Betheiligung aber der, schon von Malpighi gekannten, sog. Schweissdrüschen einerseits (von den Talgdrüsen haben wir hier ganz abzusehen) und der sonstigen Cutisoberfläche andererseits am Gesammtprocess der Perspiration wird gestritten.

Zunächst tritt uns die Annahme entgegen, dass das Perspirationswasser nur an den Mündungen der Schweissdrüschen verdunste. Man rechnet etwa 1000 Drüschen auf 1 □ Zoll, sparsamer sind sie namentlich auf dem Rücken und Ober- und Unterschenkel, viel zahlreicher in der Fusssohle, Handteller, Stirn. Krause nimmt für die ganze Haut über 2 Millionen Drüschen an und taxirt ihre Verdunstungsfläche (d. h. ihre Mündungen zusammengelegt) zu etwa 8 □ Zollen; eine Fläche, die zur Verdunstung des Hautwassers bei weitem nicht ausreicht. Daher schliesst er, dass durch die Epidermis eine erhebliche Menge Wassergas verdunste und findet seine Ansicht bekräftigt durch Versuche, die er hierüber an Epidermisstücken anstellte. Es scheint uns natürlicher, anzunehmen, dass von den Mündungen der Schweissdrüsen aus das Wasser sich durch Capillarwirkung auf die benachbarte Hautoberfläche verbreite, und zwar in einer Schichte von so minimer Dicke, dass die Haut noch als relativ trocken gelten kann. Schnelle Schweissabsonderungen endlich können nicht wohl von anderen Organen, als den Schweissdrüsen abgeleitet werden.

XI. Leberfunctionen.

---

244. Blutlauf in der Leber.

Die Leber ist ausgezeichnet durch ihre gedoppelten Blutzufuhren. Das durch die Art. hepatica zuströmende hellrothe Blut dient vorzugsweis zur Ernährung der Wandungen der grösseren Blutgefässe und der Gallengänge, der Glisson'schen Kapsel und des serösen Ueberzuges. Viel bedeutender ist der Strom durch die Pfortader, welcher der Leber das venöse Blut des Magens, Darmes, der Bauchspeicheldrüse und Milz zuführt.

Die Grundmasse des Organes wird gebildet von den Leberzellen, kernhaltige Zellen mit theilweis krümeligem Inhalt, der ausserdem unter Umständen noch kleine Pigmentmolekeln (Gallenfarbstoff) und Fettkügelchen verschiedenster Grösse unterscheiden lässt. Eine Anzahl von Leberzellen wird umschlossen von den Enden von 2, 3 oder 4 Pfortaderzweigen, die sich zu einem, übrigens nicht in einer Ebene liegenden Gefässkreis, der sog. Vena interlobularis, vereinen. Ein solcher Kreis hat einen Durchmesser von $^1/_2$—1 Linie und schliesst ein sog. Leberläppchen ein; der gegebenen Schilderung zufolge sind die einzelnen »Läppchen« nicht allseitig von einander abgegrenzt. Die Venae interlobulares werden von den kleinsten Gallengängen begleitet und geben nach allen Seiten (d. h. in verschiedene Leberläppchen) zahlreiche feine Capillaren ab. Letztere vereinen sich im Innern des Läppchens zu einer kleinen Vene: der V. intralobularis, dem Anfang des Systemes der (klappenlosen) Lebervenen, die ihr Blut in die untere Hohlvene ergiessen.

Das venöse Blut, welches aus den von der Art. hepatica versorgten Theilen abfliesst, ergiesst sich nicht in die Lebervenen, sondern durch die sog. inneren Pfortaderästchen in die kleinen Pfortaderzweigchen der Leber; doch kann möglicherweis ein kleiner Theil der Capillaren der Art. hepatica mit den von der Pfortader gebildeten Capillaren der Venae interlobulares direkt communiciren. Weitaus das meiste Blut, welches aus der Leber abfliesst, hat somit 2 Capillarsysteme durchsetzt; desshalb muss auch ein Blutkörperchen, welches die Leberbahn einschlägt, etwas längere Zeit (nach dem, was wir über den Aufenthalt in den kleineren Gefässen und Capillaren wissen, etwa 4—6 Secunden) brauchen, um einen ganzen Umlauf zu vollenden, als das Blut der übrigen bloss eincapillarigen Stromgebiete. Es ist kein Grund zur Annahme vorhanden, dass die Bahn der Pfortader sehr viel langsamer, als die der Art. hepatica zurückgelegt werde; entschieden falsch ist aber die oft gehegte Ansicht, der ganze Leberkreislauf erfolge träge.

Es fliessen grosse Massen von Blut und zwar mit gewöhnlichen Geschwindigkeiten durch die Leber. Beweise: die normalen Geschwindigkeiten der Blutkörperchen in den kleineren Mesenterialgefässen (Poiseuille), in den Capillaren am

Leberrand kleiner Thiere (Haller), sowie endlich die Schnelligkeit der Vergiftungen vom Magen und Darm aus.

Im Blut der Lebervenen sind im Gegensatz zur Pfortader nach Lehmann die rothen Blutkörperchen kleiner, minder gefärbt und weniger geneigt, nach Wasserzusatz aufzuquellen und die farblosen Körperchen etwa 4—5mal zahlreicher. Auch enthält das Lebervenenblut viel mehr Extractstoffe, sowie Zucker (247). Gegen die Möglichkeit einer regelrechten Ansammlung des Pfortader- und Lebervenenblutes erheben sich übrigens gegründete Bedenken.

245. Gallenbildung.

Die Galle, deren Eigenschaften in 192 erörtert wurden, wird in den Leberzellen gebildet und aus den sog. Leberläppchen in die, die Venae interlobulares begleitenden feinen Gallengänge ergossen, von wo aus sie durch die weiteren Gallenwege und den Ductus hepaticus, in die Gallenblase oder direkt in das Duodenum ablauft.

Die interlobulären Gallengänge geben feinste Canäle ab in die Läppchen selbst, wodurch die Gallenabfuhr aus den Leberzellen erleichtert wird. Die Beziehungen der Leberzellen zu diesen Canälen sind aber noch Gegenstand von Controversen unter den Mikroskopikern, auf welche hier nicht näher eingegangen werden kann.

Aus der Verbreitungsweise der Lebergefässe ergiebt sich die Quelle der Gallenbildung unmittelbar; da nämlich die Leberzellen von den Capillaren der Venae interlobulares mit Blut versorgt werden, so muss die Galle ein venöses Secret sein. Wenn gleichwohl Galle auch gebildet wurde 1) in vereinzelten Krankheitsfällen von Pfortaderverschluss oder 2) in Missbildungen, wo die Pfortader, statt in die Leber, in die Hohlvene mündete, so war die Zufuhr von venösem Blut immer noch möglich durch die sog. inneren Pfortaderästchen der Leber.

Die schon von Malpighi gemachte Pfortaderligatur tödtet Warmblüter in wenigen Stunden. Ueber die Folgen der Unterbindung der A. hepatica bestehen Widersprüche unter den Autoren; etwaige Veränderungen der Gallenbildung können in diesem Fall auch von dem veränderten Nutritionszustand der Leber herrühren.

Die ersten Gallenblasenfisteln hat Schwann angelegt. Nach Unterbindung und Ausschneidung eines Stückes des Ductus choledochus wird der Grund der Gallenblase in die, in der Linea alba gemachte Bauchwunde eingeheilt. Sämmtliche Galle fliesst demnach aus der Fistelöffnung ab und zwar ununterbrochen, jedoch, wie Bidder, Nasse, Kölliker und H. Müller zeigten, mit grossen Schwankungen. Die Angaben über die Secretionsgrössen weichen bedeutend von einander ab; nach den beiden Letztgenannten bildet 1 Kilogramm Hund in 24 Stunden etwa 32 Gramme Galle (mit 1 Gramm Fixa), was für den Menschen nahezu 2 Kilogramme ergeben würde. Früher nahm man viel niedrigere Werthe an. Einige Zeit (etwa 3 Stunden) nach der Nahrungsaufnahme steigt die Secretion, während des Fastens nimmt sie erheblich ab. Fleischgenuss, namentlich auch Fettzusatz zur Nahrung (Nasse) mehrt, vegetabilische Kost mindert die Secretion. Einflüsse des Nervensystems sind nicht bekannt.

Schon ein verhältnissmässig geringer Gegendruck des in den Gallengängen bereits Angesammelten scheint die weitere Secretion zu hemmen; Heidenhain befestigte, nach unterbundenem Ductus choledochus ein Manometer in die Gallenblase von Meerschweinchen und fand diesen Punkt bei einem Druck von etwa 20 Centimeter Wasserhöhe bereits erreicht.

246. Einzelbestandtheile der Galle.

Die specifischen Bestandtheile der Galle: der Farbstoff, namentlich die Tauro- und Glykocholsäure, sind im Pfortaderblut nicht präformirt; sie werden erst gebildet in den Leberzellen. Wäre die Galle ein blosses Educt aus dem Blute, so müsste letzteres nach Ausschneidung der Leber (Frösche können die Operation tagelang überleben) Gallensäuren enthalten, was aber nach Kunde und Moleschott nicht der Fall ist.

Die Entstehung der specifischen Gallensäuren ist noch dunkel, man leitet gewöhnlich die C- und H-reiche Cholsäure von den Fetten, ihre Paarlinge Taurin und Glycocoll von den Eiweisskörpern ab. Der (braune) Gallenfarbstoff wird als Abkömmling des Hämatins betrachtet (Valentiner, Kühne). Aeltere pathologische Blutergüsse in die Organe zeigen eigenthümliche, rothe Krystalle, ebenfalls Abkömmlinge des Blutfarbstoffs (Hämatoidinkrystalle Virchow's). Normaliter wird nun der Blutfarbstoff in Gallenfarbstoff umgesetzt und als solcher ausgeschieden; krankhafter Weise aber kann die Metamorphose des Gallenfarbstoffes weiter gehen bis zu dem Hämatoidin. Zenker fand Hämatoidinkrystalle in stagnirender Galle (in sackig erweiterten Gallengängen u. s. w.). Auch wird die alcoholische Lösung der Galle an der Luft allmälig roth. Nach Injection von Gallensäuren in den Kreislauf kann der Harn gewisse Mengen Gallenfarbstoff enthalten (Frerichs und Städeler).

Die Gallensäuren werden zum grössten Theil im Darmkanal wieder aufgesaugt (198), um schliesslich im Organismus weiteren Verwendungen entgegen zu gehen. Die Cholsäure wird wohl zu Kohlensäure und Wasser verbrannt, während ihre Paarlinge zur Harnstoffbildung beitragen dürften; Horsford fand eine Vermehrung des Harnstoffes im Urin nach Glycocollaufnahme. Nach Injection von Gallensäuren in den Kreislauf kommen nur kleine und unbeständige Mengen derselben im Harn unverändert wieder zum Vorschein; dasselbe kann auch in Krankheiten erfolgen (s. auch § 247). Die Galle ist jedenfalls kein Excret; sie kann in Thieren mit Gallenfisteln nicht verloren gehen ohne Compensation (Bidder und Schmidt). Solche Thiere zeigen eine erhöhte Gefrässigkeit, so zwar, dass die vermehrten Zufuhren den Verlust an Gallenbestandtheilen wesentlich übersteigen, wesshalb man zum Schluss geneigt ist, dass die Galle, in die Säftemasse wieder aufgenommen, einen retardirenden Einfluss auf den Stoffwechsel ausübe. Ist bei Thieren mit Gallenfisteln der Appetit nicht vermehrt, oder erhalten sie bloss die gewöhnlichen Zufuhrmengen, so magern sie ab und gehen zu Grunde.

247. Zuckerbereitung in der Leber.

Bernard zeigte, dass die Leber aller Thiere bedeutende Zuckermengen enthält, in den höheren Wirbelthierklassen etwa $1\frac{1}{2}$—2 % durchschnittlich. Der Leberzucker ist, wie der Traubenzucker, gährungsfähig; er zerfällt, wenn eine Abkochung der Leber mit Bierhefe versetzt wird, in Kohlensäure und Alkohol; er lenkt das polarisirte Licht nach rechts ab, seine kalischen Lösungen reduciren Kupferoxydsalze u. s. w. Der Zucker findet sich selbst beim vollständigen Zuckermangel in der Nahrung; er ist also, wenigstens im letzteren Fall, im

Organismus entstanden und zwar in der Leber selbst, da er im Pfortaderblut nur in geringen, im Lebervenenblut aber in relativ grossen Mengen enthalten ist (Bernard). Lehmann fand im Lebervenenblut eines Pferdes, einige Stunden nach reichlichem Fressen, ³/₄ % Zucker.

Der Zucker bildet sich in der Leber aus einer Amylonsubstanz ($C_{12} H_{12} O_{12}$ nach Pelouze), dem Glykogen Bernard's. Dieses ist weiss, neutral, geruchlos, durch Kochen nicht zerstörbar, löslich in Wasser, unlöslich in Alkohol und Essigsäure, durch Jod wird es weinroth gefärbt, Kupferoxydsalze reducirt es nicht.

Man stellt das Glycogen dar durch Ausfällen eines frischen, concentrirten Leberdekoktes mit concentrirter Essigsäure. Es wandelt sich leicht um in Zucker durch verschiedene Fermente, z. B. Diastase, Speichel, Pancreasdekokt, auch verdünnte Säuren (Hensen, Schiff). Das Leberamylon ist, wie das der Pflanzen, nach Schiff, keine amorphe Masse, sondern es bildet kleine, blasse, Kügelchen im Inneren der Leberzellen; daher der krümelige Inhalt dieser Zellen bei amylonreichen Lebern. Behandelte Schiff Stückchen solcher Lebern mit einem der genannten Fermentkörper, so verschwanden in der That die Amylonkügelchen, in Folge von Ueberführung in Zucker.

Während der Verdauung steigt die Zuckermenge und zwar selbst bis auf 4 % des Lebergewichtes; beim anhaltenden Hungern, fast in allen fieberhaften Krankheiten und nach eingreifenden Operationen, wenigstens bei Säugethieren, verschwinden Zucker and Amylon bald. Bei abnehmendem Zuckergehalt wird nach Nasse die Leber dunkeler braunroth; mit zunehmender Zucker- resp. Amylonmenge wird sie heller. Der mit der Circulation aus der Leber fortgeschwemmte Zucker geht in der Blutmasse unter, er wird (durch welche Mittelstufen?) in Kohlensäure und Wasser übergeführt. Die Oxydation des Zuckers beginnt wohl schon bei seinem Uebertritt aus den Leberzellen in das Lebervenenblut, sodass im linken Herzen und dem Aortensystem nur noch kleine Zuckermengen enthalten sind (Bernard).

Der Zucker des Blutes hat eine doppelte Quelle: 1) Amylon, resp. Zucker der Nahrung. Der Zucker, er mag als solcher von Aussen eingeführt, oder erst im Darmkanal aus Amylon entstanden sein, wird in der Säftemasse direkt umgewandelt, nicht aber in die Leber deponirt. Nach Amylon- oder Zuckerreicher Kost ist zwar der % Zuckergehalt der Leber auch vermehrt, vielleicht aber bloss desshalb, weil die starke Zuckerzufuhr von Aussen den Zuckerumsatz in der Leber mindert. 2) Zucker, resp. Glycogen der Leber. Aus welchen Materialien des Blutes das Amylon in der Leber sich bildet, ist nicht speciell bekannt; die Quelle kann übrigens nur in den Eiweisskörpern gesucht werden, denn nach einseitiger Fütterung mit Leim oder Eiweisskörpern (nicht aber mit Fett) enthält die Leber reichliche Amylon- und Zuckermengen (Bernard).

Heynsius und Küthe glauben, die vom Darm resorbirten Gallensäuren für die Mutterstoffe des Glycogen halten zu dürfen, weil der Leberzucker in Thieren mit Gallenblasenfisteln abnimmt, nach Verabreichen von Taurin oder Glycocoll aber zunimmt. Die Gallenbildung würde demnach in nächstem Zusammenhang stehen mit dem Leberzucker. Unrichtig ist jedenfalls die Behauptung, alles Leberamylon werde in

Form irgend welcher amyloider Substanzen der Leber bloss zugeführt und daselbst zur Zuckerbildung deponirt.

248. Fermentwirkung bei der Zuckerbildung.

Das Leberamylon wird durch verschiedene Fermentkörper in Zucker umgesetzt. Das specielle, am schnellsten wirkende Ferment, welches die Umsetzung in der Leber einleitet, ist nicht näher gekannt. Fehlt das Ferment, so mangelt, trotz vorhendenen Amylons, auch der Zucker in der Leber. Diess ist nach Schiff der Fall bei Fröschen am Ende des Winters, überhaupt aber unter allen Umständen, wo diesen Thieren weder Nahrung, noch gehörige Bewegung gestattet wird.

Das Ferment ist enthalten 1) in der Leber. Nach Bernard kann von der Pfortader aus eine frische Leber mit Wasser so ausgespült werden, dass aller vorhandene Zucker verschwindet; nach einigen Stunden sind wieder neue Zuckermengen in der Leber entstanden. 2) Im Blut. Die Leber eines Frosches, die keinen Zucker, wohl aber Amylon enthält, bildet Zucker, wenn man sie zusammenbringt mit dem Blut eines Thieres, dessen Leber Zucker enthält (Schiff). Das Blut zuckerloser Frösche verwandelt demnach das Leberamylon niemals. Bringt man das Blut eines Thieres, dessen Leber weder Zucker, noch Amylon enthält, zusammen mit einer bloss amylonhaltigen Leber, so kann gleichwohl Zucker sich bilden; das Blut in diesem Fall hält also Ferment. Schiff unterscheidet demnach folgende Zustände: 1) Zuckerleber; hier ist immer Amylon und Ferment vorhanden. 2) Amylonleber ohne Zucker; hier fehlt das Ferment. Das Leberamylon stellt aber auch dann keine träge Masse dar; es kann nämlich auch andere Umsetzungen erfahren, als in Zucker. 3) Zucker- und Amylonlose Leber; hier kann das Ferment vorhanden sein.

Das Auftreten des Fermentes ist an eine gewisse Energie des Stoffwechsels gebunden. Mit Firniss bestrichene Thiere, in denen der Stoffwechsel und die Körperwärme schnell bedeutend abnehmen (283), verlieren in wenigen Stunden den Zucker und das Amylon der Leber (Bernard). Erwärmt man aber die Thiere künstlich, so treten beide Stoffe wieder auf (Schiff).

249. Nerveneinfluss auf die Zuckerbildung.

Bernard fand, dass nach Verletzung des Bodens der vierten Hirnhöhle mittelst einer durch das Hinterhauptsbein eingesenkten Nadel, der Harn einige Stunden lang Zucker enthält. Nach Schiff machen alle Verletzungen der Nervencentren von den Hirnschenkeln an abwärts bis zu der Stelle, wo die Wurzeln der Eingeweidenerven aus dem Rückenmark treten (in Fröschen z. B. bis zum vierten Wirbel), den Harn zuckerhaltig.

Der unter diesen Umständen in Urin enthaltene Zucker stammt aus der Leber, denn 1) die Ausscheidung hört in Fröschen bald auf, wenn die Leber abgebunden wird, und 2) das Experiment gelingt nie an Winterfröschen, deren Leber zuckerlos ist (Schiff). Es ist wahrscheinlich, dass in diesen Zuständen die Zuckerbildung der Leber gesteigert ist. Die Leber und andere Organe des

Unterleibes werden zugleich blutreich, ihre Gefässe sind erweitert in Folge der Lähmung der Gefässnerven. Hensen und v. Gräfe haben mittelst Durchschneidung des N. splanchnicus major den Urin zuckerhaltig gemacht, obschon hier nur ein Theil der vom Rückenmark zur Leber gehenden Nerven getrennt wurde. Schiff will die vermehrte Zuckerbildung nach Verletzung der genannten Nervencentren ausschliesslich von der gesteigerten Blutzufuhr ableiten.

In welchem Verhältniss die, von anhaltender und starker Zuckerausscheidung durch die Nieren begleitete sog. Zuckerharnruhr des Menschen zu den genannten Functionsanomalien der Leber und der Nervencentren steht, ist noch nicht zu entscheiden.

249a. Zuckerbereitung anderer Organe.

Ausser der Leber enthalten nach Figuier und Sanson noch verschiedene andere Organe Zucker, namentlich auch die Muskeln und zwar zu 1—3 pro mille (Meissner). Rouget fand auch in den Muskeln des Fötus eine glycogene Substanz (729). Die Glycogen- und Zuckerbereitung scheint demnach eine ziemlich allgemeine Eigenschaft der Gewebe zu sein. Sie findet selbst dann noch statt, wenn in den Zufuhren Zucker und Kohlehydrate vollkommen fehlen; der Zucker entsteht also aus Eiweisskörpern, die in einen Stickstofffreien und einen Stickstoffhaltigen Atomencomplex zufallen müssen. Bödeker stellte aus Leim Zucker dar. Die Leber spielt jedenfalls eine bevorzugte Rolle bei diesem Process.

Zur exacteren Würdigung der Bedeutung der Zuckerbildung für den Stoffwechsel fehlt zwar noch die Kenntniss der, in einer bestimmten Zeit gebildeten Zuckermenge; darüber kann aber kein Zweifel bestehen, dass letztere unter Umständen sehr beträchtlich sein muss. Andererseits darf nicht vergessen werden, dass z. B. Frösche lange Zeit leben können, ohne Zucker zu erzeugen.

XII. Lymphsystem, Blutgefässdrüsen und Blutkörperbildung.

250. Lymphe.

Ein Theil der in die Gewebe ausgetretenen Blutbestandtheile geht in die Anfänge (sog. Capillarität) der Lymphgefässe über; es bildet sich Lymphe. Diese kann am Menschen in seltenen Fällen gewonnen werden, wenn Verletzungen von Lymphstämmchen nicht alsbald verheilen.

Die Lymphe ist fast wasserhell oder nur schwach opalisirend, von etwas salzigem Geschmack und alkalischer Reaktion; ausserhalb der Gefässe bildet sie langsam ein schwaches Gerinnsel. Ihr Plasma hält aufgeschwemmt Molekularkörperchen (zum Theil Fettkörnchen, jedoch nur sparsam, während sie im Chylus in sehr beträchtlichen Mengen vorkommen) und sog. Lymphkörperchen, etwas granulirte, kernhaltige, rundliche Zellen, analog den Chyluskörper-

chen. Farbige Blutkörperchen kommen öfters, namentlich in der Milzlymphe vor, nach Nasse besonders in hungernden Thieren. Die menschliche Lymphe, die in den verschiedenen Stromgebieten des Lymphsystems nicht gleich zusammengesetzt sein mag, besteht (Marchand, Nasse, Scherer) in 100 Theilen aus Wasser 94—97, Eiweiss 2—3, (grössere Mengen während der Verdauung), Faserstoff 0,3—0,5, Extractivstoffe (auch Zucker) 0,3, Fette: Spuren bis 0,2, Salze $^3/_4$ — $1^1/_4$ %.

C. Schmidt fand in der Pferdelymphe Wasser 95,4 % — Faserstoff 0,2 — Fette 0,1 — Eiweiss und sonstige organische Körper 3,5 — Mineralstoffe 0,8 %.

251. Lymphströmung.

Die Lymphe stammt zunächst her von der Parenchymflüssigkeit der Gewebe; desshalb laufen selbst nach Unterbindung der Carotiden, wie Krause jun. an Hunden fand, aus den Lymphästen des Halses noch erhebliche Flüssigkeitsmengen eine zeitlang ab. Nach Vermehrung der Blutmasse durch Injection von Wasser, Milch u. s. w. in den Kreislauf füllen sich die Lymphgefässe sogleich. Erhöhte Thätigkeit eines Organes vermehrt dessen Lymphbildung; Krause erhielt nach Reizung des Zungenastes des Trigeminus, Bidder nach Erhöhung des Blutdruckes in Folge theilweiser Abbindung des venösen Rückflusses grössere Lymphmengen aus den Lymphgefässen des Halses.

Die Lymphbildung erfolgt ununterbrochen; das Maximum fällt in die Verdauungszeit, beim Fasten nimmt die Lymphe sehr ab. Die Menge der im Körper überhaupt vorhandenen oder der in 24 Stunden in das Venensystem ergossenen Lymphe ist durchaus unbekannt. Bidder und Schmidt erhielten in ungefahr $1\,^1/_2$ — 2 Stunden bei 2 jungen Pferden aus dem angeschnittenen Halslymphstamm 70—107 Gramme Lymphe.

Der Strom ist von den feinen Lymphgefässen gegen die grösseren gerichtet, analog dem Venenblutlauf, wie denn überhaupt das Lymphsystem viele Vergleichspunkte mit den Venen bietet, wie Klappen, zahlreiche Plexus, langsameres Fliessen, geringer Druck der Flüssigkeit u. s. w. Die grösseren Lymphgefässstämmchen durchsetzen eine Anzahl Lymphdrüsen. Die Lymphe des rechten Armes, der rechten Hals- und Kopfseite und theilweis des Thorax wird durch den Truncus lymphaticus dexter in das Ende der gleichseitigen Vena subclavia ergossen; während die linke Subclavia durch den sehr viel grösseren Truncus sinister (Ductus thoracicus), ausser der Lymphe der analogen Theile der linken Körperseite, noch die starken Zufuhren von Lymphe der unteren Gliedmaassen, Bauchorgane und hinteren Rumpfwand empfängt.

Die Triebkräfte des Lymphstromes wurden beim Chylus erörtert. Eine eigene Einrichtung stellen die von J. Müller entdeckten Lymphherzen dar, welche bei den Vögeln, Fischen und Amphibien vorkommen. Der Frosch besitzt zwei vordere über der Schulter neben der Wirbelsäule, und zwei hintere, neben dem After; jedes Herz enthält etwa 1 Cub. Linie Lymphe und schlägt in der Minute ungefähr 60mal.

252. Physiologische Bestimmung der Lymphe.

Die Lymphgefässe stellen zunächst einen Anhang des Venensystemes dar, oder strenge genommen ein Mittelglied, eingeschoben zwischen Arterien- und Venensystem. Die Lymphe selbst wird gebildet aus gewissen Bestandtheilen des Blutes, um sodann als Ganzes in das Blut wieder ergossen zu werden. Die Lymphe ist also ein wichtiges Glied des intermediären Stoffwechsels.

Die Lymphgefässe sind aber nicht bloss als Zwischencanäle zwischen Arterien und Venen zu betrachten, sondern auch als ein besonderes System, in welchem Processe eigener Art vor sich gehen. Diese erfolgen namentlich in den Lymphdrüsen, in welchen der Lymphstrom zellige Drüsenelemente empfängt, die (212) als Lymphkörperchen weiteren Verwendungen (254) entgegengehen. Die Lymphe enthält übrigens schon vor ihrem Eintritt in die Drüsen sparsame Körperchen, deren Entstehung nicht bekannt ist. Ausserdem kommt der Lymphstrom in diesen Drüsen in endosmotische Wechselwirkungen mit dem Capillarblut, die im Speciellen freilich unbekannt sind; man weiss nur, dass die Flüssigkeit nach dem Austritt aus den Lymphdrüsen fibrinreicher, überhaupt (auch durch Aufnahme der Lymphkörperchen) etwas blutähnlicher wird.

Die Lymphe ist viel wasserreicher als die Blutflüssigkeit; offenbar begünstigt der aus den Blutcapillaren in die Gewebe übertretende starke Wasserstrom den Uebergang gelöster Stoffe des Blutes in die Gewebe. Dieses Wasser kann aber (wenn die Gewebe ihren, der augenblicklichen Blutbeschaffenheit entsprechenden Wassergehalt haben) nicht verwendet werden für die Gewebe selbst, es muss wieder abgegeben werden. Die einfachsten Abzugskanäle des Gewebwassers sind die Lymphgefässe. Würden diese fehlen, so könnte der Stoffwechsel zwischen Blut und Parenchym bloss vermittelt werden durch die gegenseitige Endosmose; diess würde aber nicht hinreichen lür einen lebhaften Stoffumsatz. Das Lymphsystem gestattet also, dass die Gewebe von starken und rasch wechselnden Strömen von Ernährungsmaterial durchzogen werden.

Ueber die resorbirenden Kräfte der Lymphgefässe s. 41.

253. Blutgefässdrüsen.

Milz, Thymus, Schilddrüse und Nebennieren stimmen, trotz vielfacher Verschiedenheiten, histologisch darin miteinander überein, dass ihre charakteristischen Elemente geschlossene Follikel darstellen, in welchen zahlreiche Zellen und Zellenkerne eingebettet sind, die an den Bau der Lymphdrüsen und der Peyer'schen Drüsen des Darmes erinnern (Ecker, Brücke, Jendrassik). Gerade in ihrem Verhältniss zu den Blutgefässen zeigen diese sog. »Blutgefässdrüsen« die grössten Unterschiede. Mässig entwickelt sind die Gefässe in der Thymus, viel reichlicher in der Thyreoidea, auffallend stark in der Milz. Der Blutgehalt und die Füllung mit Parenchymsäften wechseln in hohem Grade, ganz besonders aber in der Milz, die in Krankheiten (Wechselfieber) enorm anschwellen kann. Auch ist sie bei manchen Thieren (nicht aber im Menschen) contractil, indem,

wie Wagner zeigte, nach galvanischer Reizung, das Milzgewebe an der gereizten Stelle härter und blässer wird.

Die Funktionen dieser Organe sind unbekannt. Thymus und Nebennieren scheinen im Embryonalzustand, ihrem relativen Gewicht nach zu schliessen, ihre hauptsächlichste Bedeutung zu haben. Nur die Milz spielt auch im Erwachsenen eine namhafte Rolle.

Die Thymus fehlt ausnahmsweis selbst in Kindern (Friedleben). Jedes dieser Organe kann ausgeschnitten werden, ohne dass auffallende Symptome nachfolgen, die vom Mangel des Organs ableitbar wären. Tritt der Tod bald ein, namentlich nach Ausreissen der Thymus oder der Nebennieren, so ist das Folge der tief eingreifenden Operation. Friedleben hat die Thymus oft ohne Nachtheil ausgerissen. Philipeaux exstirpirte in derselben Ratte sogar Nebennieren, Milz und Schilddrüse ohne Nachtheil. Am häufigsten ist die Milzexstirpation ausgeführt worden. Es folgen keine Verdauungsstörungen nach; die Galle soll nicht verändert werden. Manchmal wird das Blut fibrinreicher (gewisse krankhafte Milzanschwellungen sind oft mit Fibrinarmuth des Blutes verbunden; das Milzvenenblut ist nach Funke sehr arm an Faserstoff). Die anatomischen Veränderungen in Folge des Milzmangels hat Führer genauer untersucht; am Auffallendsten ist die Anschwellung der Lymphdrüsen, ganz besonders des Unterleibes, aber auch der Brust, des Halses und Kopfes.

Die Blutgefässdrüsen stehen wohl in Zusammenhang mit der Blutbildung. Man betrachtet sie auch als Blutkörperchenbereitende Organe (255).

Nach Scherer, Gorup-Besanez, Bödeker, Städeler und Frerichs u. A. enthält der aus diesen Drüsen gepresste Saft unter anderem eine Reihe von Abkömmlingen von Eiweisskörpern (Leucin, Tyrosin, Hypoxanthin, Harnsäure), und zwar zum Theil wohl in grösseren Mengen als diess in anderen Organen der Fall ist, sowie Ameisensäure und Milchsäure; ausserdem wurden in der Milz Inosit und Essigsäure, in der Thymus Bernsteinsäure nachgewiesen. Manche wollen darin einen Beweis finden, dass diese Organe der Sitz energischer regressiver Processe des Stoffwechsels seien. Bei den meisten dieser Körper ist es übrigens zweifelhaft, ob sie als solche im lebenden (normalen) Gewebe bereits präformirt sind.

254. Bildung der farblosen Blutkörperchen.

Sie entstehen: 1) im Chylus- und Lymphsystem. Diese Chylus- und Lymphkörperchen werden sodann Bestandtheile des Blutes, d. h. farblose Blutkörperchen (§ 212 und 252).

Die in den Lymphdrüsen präformirten Zellen spielen bei dem in 212 geschilderten Process jedenfalls auch eine active Rolle; ihr Stoffumsatz beruht auf Wechselwirkung mit dem Blut, dem sie Bestandtheile entziehen. Sie scheinen in der Regel erst nachdem sie eine gewisse Entwickelung erlangt haben, dem Lymphstrom beigemischt zu werden. Der endosmotische Strom der Blutcapillaren in die Lymphdrüsen ist namentlich während der Verdauung stärker und begünstigt wohl das Fortschwemmen jener Zellen.

2) In gewissen Organen. Das Venenblut derselben ist viel reicher an farblosen Körperchen als das zuströmende arterielle Blut; man glaubt sich desshalb zur Annahme berechtigt, diese farblosen Körperchen seien an jenen Stätten neu entstanden. Hierher gehören besonders die Blutgefässdrüsen. Enorm reich an farblosen Körperchen ist namentlich das Milzvenenblut. Die sogenann-

ten Bläschen und die Pulpa der Milz enthalten wiederum Zellen, die nicht unterscheidbar sind von farblosen Blutkörperchen. Die Wege aber, auf welchen diese Zellen der Blutgefässdrüsen in den Blutstrom gelangen, sind noch nicht gehörig erkannt. Von der Milz nimmt man an, dass die Capillaren frei communiciren mit Lacunenräumen in der Milzpulpa; der Blutstrom würde also die zelligen Elemente der letzteren mit sich fortreissen und in die Milzvene überführen.

Das Lebervenenblut ist nach Lehmann reicher an farblosen Körperchen, als das Pfortaderblut; die Entstehungsweise der farblosen in diesem Organ ist noch weniger erklärlich, als in den Blutgefässdrüsen. In den pathologischen Zuständen der sog. Leukämie hat nach Virchow die Zahl der farblosen Körperchen des Blutes, gegenüber den farbigen (die auch absolut bedeutend gemindert sind) ausserordentlich zugenommen. Die Leukämie ist verbunden mit Affectionen der Milz, Lymphdrüsen und Leber, worin eine gewisse Bestätigung der Function jener Organe als Bildungsstätten farbloser Körperchen liegt.

255. Die Entstehung des farbigen Blutkörperchens

im Erwachsenen, dessen Stoffwechsel (nach Stärke und Qualität), sowie dessen endlicher Zerfall, gehört zu den räthselhaftesten Processen des vegetativen Lebens. Gewöhnlich betrachtet man die kernhaltigen farblosen Körperchen als Vorstufen der kernlosen farbigen, obschon Uebergangsformen im Blut Erwachsener noch niemals beobachtet worden sind. Ueber die Art dieser Metamorphose giebt es also nur unbeglaubigte Vermuthungen, hinsichtlich welcher auf die Lehrbücher der Gewebelehre verwiesen wird.

Erwägen wir übrigens, welche enorme Mengen farbloser Körperchen dem Blute durch den Chylus- und Lymphstrom in kurzer Zeit beigemischt werden, so erscheint deren Schicksal als ein völliges Räthsel. Sie können nur zum kleinsten Theil farbige Blutkörperchen werden und müssen schnell im Blut untergehen.

Schon ältere Beobachter, in neuester Zeit namentlich Lehmann und Funke behaupteten, das Blut gewisser Gefässe, besonders der Milz- und Lebervenen, sei auffallend reich an kleineren, blässeren, gegen verschiedene Zusätze, z. B. Wasser, widerstandsfähigeren, gefärbten Körperchen. Man glaubt dieselben als jüngere Bildungen und die betreffenden Organe als Bildungsstätten farbiger Körperchen betrachten zu dürfen.

Noch viel weniger wissen wir über den Zerfall der farbigen Blutkörper, ein Process, der von Einigen z. B. in die Milz verlegt wird. In Schrumpfung begriffene Körperchen giebt es dort in der That, eine Erfahrung, die aber über die Intensität dieses Processes selbstverständlich nichts aussagt.

256. Lebensdauer der Blutkörperchen.

Sehen wir ab von gewisssen, der direkten Beobachtung wirklich zugänglichen Bildungsweisen der Blutkörperchen im Embryo, so liegen über die Bildung, den Stoffwechsel und endlichen Untergang, kurz die ganze Lebensgeschichte des Blutkörperchens im Erwachsenen, nur höchst sparsame und schwer zu deutende Erfahrungen vor. Nach starken Blutverlusten, im Beginn der Reconvalescenz von schweren Krankheiten, nach anhaltendem Hungern hat die Blutmasse und die procentige, also auch die absolute Menge der farbigen Körperchen sehr

abgenommen. Nach einer gewissen Zeit, unter Umständen ziemlich bald, ist der Normalzustand wieder erlangt. Hier also hat unzweifelhaft eine energische Neubildung, vielleicht auch eine geminderte Rückbildung von Blutkörperchen stattgefunden. Ausserdem bemerkt man nach Blutverlusten u. s. w., dass die Zahl der farlosen Körperchen im Verhältniss zu den farbigen grösser ist als in der Norm, wiederum eine Stütze für die Vermuthung, dass aus farblosen Körperchen farbige sich bilden werden. Es liegt aber auf der Hand, dass die Blutkörperchen unter gewöhnlichen Verhältnissen ganz anderen Bedingungen unterworfen sind. Es kann keine einzige Thatsache angeführt werden, die mit Sicherheit für rasche Neubildung und dieser entsprechende Rückbildung der Blutkörperchen spräche. Wie lange unter solchen Umständen das Körperchen bestehe, darüber haben wir vorerst keine Ahnung; mit Bestimmtheit aber lässt sich vermuthen, dass der Stoffwechsel im Körperchen selbst ein sehr reger sein wird, wobei aber dasselbe seine Individualität fortwährend behauptet.

257. Eine Physiologie des Blutkörperchens,

d. h. die Kenntniss des Stoffwechsels desselben, ist übrigens denkbar, bis zu einem gewissen Grade, auch ohne die Geschichte seiner Entwicklung und Rückbildung. Dieselbe müsste aber in nichts Geringerem bestehen, als in der speciellen Darlegung der mannigfaltigen Wechselwirkungen der Blutkörperchen mit dem Parenchym der Organe. Letzteres ist in beständigen endosmotischen Wechselbeziehungen begriffen mit dem Blutplasma; jede, auch die kleinste Veränderung des Plasma verändert aber auch sogleich die Blutkörperchen; diese also müssen sich unfehlbar, activ und passiv, betheiligen an sämmtlichen Processen des Stoffwechsels in allen Capillargefässen des Körpers. Das Blutkörperchen ist demnach ein Vermittler der allerverschiedensten Processe des vegetativen Lebens, es ist eine Zelle der geringsten Specifität, umgeben von einer Intercellularflüssigkeit von gleichem Charakter; dasselbe functionirt unter allen Zellen und Elementartheilen des Organismus in der umfassendsten, vielseitigsten Weise, und eben darin liegt ein Grund, warum diese Functionen so wenig im Einzelnen bekannt sind. Die specialisirten einseitigen Functionen der Organe sind die am Leichtesten erforschbaren. Die Blutkörperchen sind Gasträger; wenn man sie aber vorzugsweis mit der Respiration in Verbindung bringt, so ist das einseitig, denn die Beziehungen der Blutkörperchen zum respiratorischen Gaswechsel sind dem ersten Blick bloss auffallender als zu den übrigen Processen des vegetativen Lebens. Bei der Resorption ist das Blutkörperchen indirekt ebenfalls wesentlich betheiligt (209).

Der zweite Grund, warum eine speciellere Physiologie der Blutkörper zur Zeit noch unmöglich ist, liegt darin, dass die Veränderungen des Blutes während des Durchfliessens durch eine Capillarität jedesmal nur sehr gering, der Beobachtung also fast unzugänglich sind. Gleichwohl aber ist es dem Blutkörperchen nicht verwehrt, in das vegetative Leben auf's Tiefste einzugreifen, eben weil diese

Veränderungen in kurzer Zeit sehr oft sich wiederholen. Eine ungeheure Blutmasse nämlich hat in 24 Stunden die Capillaritäten durchflossen und das Blut des Menschen in dieser Zeit allermindestens 4000 Umläufe vollbracht.

Gerade die Geringfügigkeit der jedesmaligen Veränderungen, welche die Blutflüssigkeit und das Blutkörperchen bei einem Umlauf erleiden, ist von tiefgreifendster Bedeutung. Wären diese Veränderungen gross, wäre das Blut eine Flüssigkeit von höchst variabeler Zusammensetzung, so müsste der Stoffwechsel der Organe den grössten Wechselzufällen ausgesetzt sein. Aber nicht bloss in der Schnelligkeit des Kreislaufes liegt eine Gewähr für die Constanz der Blutmischung, sondern auch in dem Vorhandensein der Blutkörperchen selbst. Ein im Gefässsystem umgetriebenes Blutplasma würde sich, den Parenchymsäften gegenüber, als besonderer Saft nicht behaupten können. Die Blutkörperchen, in regen endosmotischen Wechselbeziehungen mit dem Plasma, sichern aber die gleichmässige Zusammensetzung des letzteren.

XIII. Harnbereitung.

258. Harnbestandtheile.

Dieselben zerfallen, wenn wir von einigen untergeordneten Bestandtheilen absehen, in 3 Gruppen: 1) Stickstoffhaltige Produkte der Umwandlung der stickstoffhaltigen Körperbestandtheile. Der Stickstoff der Nahrungsmittel kommt vollständig oder doch grossentheils im Harn wieder zum Vorschein, aber in anderen chemischen Verbindungen, als er eingeführt wurde, als Harnstoff, Harnsäure, Hippursäure, Kreatin und Kreatinin. Diese Körper stellen, da sie in den übrigen Secretionen fehlen oder in denselben nur in minimen Mengen unter Umständen vorkommen, die specifischen Bestandtheile des Harnes dar. 2) Wasser und Salze. Die in das Blut übergegangenen Salze der Zufuhren verlassen nahezu vollständig durch den Harn den Organismus, und zwar meist in der nämlichen Form, wie sie eingetreten sind. Sie stellen, sammt dem Wasser, die nicht specifischen, normalen Bestandtheile des Harnes dar und sind als Transportmittel des Stoffwechsels zu betrachten, im Gegensatz zu den Körpern der ersten Gruppe, welche Umsatzprodukte des Stoffwechsels darstellen. 3) Zufällige Bestandtheile. Die meisten der in die Säftemasse zufällig gelangenden Substanzen, z. B. viele medicamentöse Stoffe, werden fast ausschliesslich durch die Nieren ausgeschieden. Dass die Körper der zwei letzten Gruppen nicht erst in den Nieren gebildet werden, versteht sich von selbst; aber sogar die specifischen Bestandtheile des Urins werden den Nieren durch das Blut zugeführt. Die Nieren sind somit bloss Ausscheidungsorgane gewisser Bestandtheile des Blutes.

259. Ort der Harnsecretion.

Die Secretionsfläche der Nieren wird gebildet von den, aus einer strukturlosen Grundmembran und einer einfachen Epitellage bestehenden Harnkanälchen. Diese münden an den Spitzen der Nierenwärzchen (Malpighi'schen Pyramiden), deren es durchschnittlich 12 giebt und zwar auf jedem Wärzchen mit etwa 300—500 Oeffnungen. Der Harn wird somit durch ungefähr 4—5000 solcher Mündungen in das Nierenbecken abgeführt. In der Marksubstanz verlaufen die Kanälchen in gerader Richtung, wobei sie sich spitzwinkelig-dichotomisch theilen, ohne aber dabei ihre Lumina bedeutend zu verringern. In der Rindensubstanz dagegen zeigen die Harnkanälchen einen gewundenen Verlauf und bilden zugleich Ausbuchtungen von $^1/_5$ Millimeter Durchmesser: die Nierenkapseln J. Müller's, die ihre physiologische Bedeutung erhielten durch die Nachweisung ihres Zusammenhanges mit den Harnkanälchen durch Bowman und Gerlach.

Die Niere ist ausgezeichnet durch mehrere Anordnungen ihres Gefässsystems, namentlich der Malpighi'schen Gefässknäuel der Rindensubstanz. Jede Nierenkapsel erhält nämlich ein kleines Zweigchen der Nierenarterie (Vas afferens); dieses spaltet sich in eine Anzahl feiner Gefässe, die, ohne vorher zu anastomosiren, sich zu einem rückführenden Gefäss (Vas efferens) von viel geringerem Durchmesser vereinen. Die Vasa efferentia lösen sich in feinste Gefässe, das eigentliche Capillarnetz der Niere auf, welches die geraden Harnkanälchen umspinnt und dann erst in die Nierenvenenanfänge übergeht. Die Nieren empfangen absolut und relativ grosse Blutmassen; die öfters gehegte Vorstellung eines trägen Blutlaufes in diesem Organe ist durch nichts begründet und so wenig gerechtfertigt, als die analogen Vorurtheile bezüglich des Leberblutlaufes.

Zwei anatomisch verschiedene Stellen der Nieren kommen also in Betracht bei der Secretion; es fragt sich, ob sie auch funktionell wesentlich verschieden sind. Gewöhnlich bejaht man letztere Frage, ohne freilich mehr geben zu können, als ganz allgemeine Aussagen oder unerweisbare Vermuthungen. Die gewundenen Harnkanälchen stellen offenbar eine zu geringe Secretionsfläche dar; die Harnbildung erfolgt daher, wenn auch in qualitativ und quantitativ anderer Weise, auch in den geraden Kanälchen der Marksubstanz. v. Wittich wies in den Epitelzellen der geraden Kanälchen der Vogelniere harnsaure Verbindungen nach.

260. Funktionen der Harnbehälter.

Die Fortbewegung des Harnes in den Harnkanälchen geschieht durch den Druck der Secretmassen von hinten her. Die Druckwechsel, welchen die Unterleibseingeweide unterworfen sind, z. B. bei den Athembewegungen, dürften von begünstigendem Einfluss sein.

Der im Nierenbecken angesammelte Harn wird darch häufig sich wiederholende periodische Contractionen der organischen Muskelfasern des Harnleiters schnell in die Harnblase übergeführt. Bei einer nicht ganz seltenen Missbildung (Inversio vesicae) fehlen Schaambeinsymphyse, vordere Blasenwand und die entsprechende Stelle der Bauchwand, während an der umgestülpten Hinterwand

beide Harnleitermündungen bloss liegen. In solchen Individuen tritt, wenn die Secretion mässig ist, der Harn tropfenweis aus, etwa alle 3/4 Minuten (Mulder), nach übermässigem Wassertrinken sogar in einem Strahl.

Die Harnmengen, welche Erwachsene in der Blase zurückhalten können, variiren sehr bedeutend. Schnell eintretende Füllungen, nach starkem Trinken, werden minder gut ertragen, als langsamer erfolgende. Ein mässiger Inhalt der Blase erfordert keinen besonderen Verschluss. Nimmt die Flüssigkeit zu, so steigt ihre Spannung, zum Theil auch durch unwillkürliche Contractionen der Blasenmuskulatur. Jetzt gerathen die um den Blasenhals kreisförmig gelagerten, dem organischen System angehörenden, Muskelfasern des sog. Sphincter vesicae, sowie die mit Querstreifen versehene Muskelschicht der Pars membranacea der Harnröhre (Sphincter urethrae) in Contraction. Auch dürften die cirkulären Muskelfasern der Prostata beim Blasenverschluss mithelfen (v. Wittich.)

Erschlaffen die Sphincterfasern in Folge des Willensbefehles (der Sphincter der Urethra ist jedenfalls, der der Blase vielleicht ein willkürlicher Muskel), so erfolgt die Austreibung des gespannten Harnes entweder durch die Elasticität der Blase, oder mit Beihülfe der Muskulatur der Blase. Alle Fasern des Blasen-Körpers und Scheitels sind dabei betheiligt; der ausschliessliche Name Detrusor urinae für die Längsfaserschicht ist nicht gerechtfertigt. Pressung der Unterleibseingeweide (nach Herabsteigen des Zwerchfells) durch die Muskeln der Bauchwand beschleunigt die Entleerung. Die letzten Tropfen werden aus der Harnröhre durch den M. bulbo-cavernosus stossweis ausgetrieben.

Die Nerven der Harnblase stammen vom Sympathicus; nur die Sphinctermuskeln werden noch vom 3. Sacralnerven versorgt; Rückenmarkslähmungen sind desshalb meist verbunden entweder mit beständigem unwillkürlichen Harnträufeln oder mit Harnverhaltung.

261. Chemische Zusammensetzung des Urins.

Die Hauptbestandtheile des Harnes, mittlere innere und äussere Bedingungen, namentlich gewöhnliche Speise- und mässige Getränkemengen, sowie mittlere Lufttemperaturen vorausgesetzt, bieten innerhalb 24 Stunden folgende Werthe in Grammen: Wasser 1600—1700, Summe aller festen Bestandtheile 65—70, Harnstoff 30—38, Harnsäure 1/8—3/4 (Hippursäure in unbeständigen Mengen), unorganische Verbindungen überhaupt 23—28 Grammen. Die Summe der sehr wechselnden sog. Extraktmaterien kann zu etwa 3—5 Gr. veranschlagt werden.

Die Säuren der Harnsalze sind: Chlor 10½, Phosphorsäure 2½—3½, Schwefelsäure 1½—2 Grammen. Ausserdem findet sich Kohlensäure und zwar frei oder gebunden an Alkalien; besonders nach dem Genuss kohlensaurer und pflanzensaurer Alkalien, also in wechselnden, unbeständigen Mengen. Als Basen treten auf namentlich Natron, Kali, Kalk und Magnesia. Die täglichen Mengen der hauptsächlichsten Urinsalze betragen in Grammen: Chlornatrium 17—18, saures phosphorsaures Natron 3—4, Erdphosphate 1 (nämlich 2/3 Gramm phosphorsaure Magnesia, $2\,MgO + PO^5$, und 1/3 Gramm phosphorsaurer Kalk),

schwefelsaures Kali (alle Schwefelsäure an Kali gebunden berechnet) 3—4½ Gramme. Ammoniaksalze fehlen nach den meisten Angaben im frischen Harn. Die schwer lösliche Harnsäure ist an Natron gebunden. Sehr kleine Mengen Eisen finden sich konstant.

Von sonstigen Bestandtheilen, grossentheils als »Extraktmaterien« gewöhnlich zusammengefasst, sind hervorzuheben: ein Bestandtheil des Muskelsaftes: Kreatin und vorzugsweise Kreatinin (nach Neubauer in Mengen etwa wie die Harnsäure), Fette in minimer Menge, namentlich bei fettreicher Nahrung und geringer Bewegung (Bidder), und Harnfarbstoff in verschiedenen Modifikationen. Nach Brücke kann der normale Harn kleine Mengen Traubenzucker enthalten. Keine konstanten Bestandtheile sind, um nur die wichtigsten zu nennen: 1) Hippursäure. Die Angaben über die Menge derselben variiren in hohem Grad; sie kann oft fehlen oder nur spurweis vorhanden sein, unter Umständen aber auch in Mengen von 1—2 Grammen in 24 Stunden auftreten. 2) Oxalsäure als Kalkverbindung und 3) nach Lehmann's Behauptung unter Umständen (starke Zucker- oder Amylonzufuhren?) milchsaure Salze. Die meisten Extraktstoffe sind quantitativ nicht bestimmbar.

1000 C. C. M. Harn enthalten demnach durchschnittlich etwa 40 Gramme fester Bestandtheile und zwar an Hauptbestandtheilen etwa: Harnstoff 24, Harnsäure 0,4, Chlornatrium 10—11, Phosphorsäure 2—2¼, Schwefelsäure 1⅓ Gramme.

Der Harn enthält nach Planer in 100 Volumina 4—11 Vol. absorbirter Gase (reducirt auf 0° und Barometermittel), und zwar, ausser kleinen Mengen Sauerstoff und Stickgas, ganz vorzugsweis Kohlensäuregas. Dazu kommen noch etwa 2—5 Vol. % gebundener Kohlensäure. Der Absorptionscoëfficent des Harnes für genannte Gase weicht von dem des Wassers nicht wesentlich ab.

Nach Kaupp erleidet übrigens der Harn Veränderungen in der Blase und zwar durch theilweise Resorption mehrerer seiner Bestandtheile, vorzugsweise des Wassers; daher eine merkliche Zunahme der Concentration beim längeren Aufenthalt in der Blase. Die Resorptionskraft der Blasenschleimhaut für Gifte hat Orfila nachgewiesen. Kaupp verglich die innerhalb 12 Tagesstunden erfolgende Harnsecretion, indem er entweder stündliche Harnentleerungen, oder nur eine einzige Entleerung am Ende der zwölfstündigen Versuchszeit vornahm. Er erhielt in Grammen:

	12 maliges Harnlassen	1 maliges Harnlassen
Wasser	895	808
Harnstoff	18,8	17,9
Chlornatrium	12,3	11,5
Phosphorsäure	1,86	1,68
Schwefelsäure	1,09	1,03
Summe der Fixa	43,8	41,7.

262. Titrirmethoden.

Einige der wichtigsten Harnbestandtheile können mittelst der, hier namentlich von Liebig eingeführten, volumetrischen Methode mehr oder weniger exakt bestimmt werden. Diese in kurzer Zeit ausführbaren Proceduren sind dann von Werth, wenn es sich, wie so häufig bei physiologischen und medicinischen Untersuchungen, um zahlreiche Wiederholung der Erfahrungen handelt.

Zur Bestimmung eines Harnbestandtheiles braucht man ein passendes Reagens in einer Lösung von bestimmtem Gehalt; der Bequemlichkeit halber soll 1 Cub. Cent. Met. Reagenslösung genau 10 Milligramme des fraglichen Harnbestandtheils ausfällen. Solche Lösungen heissen titrirte. Hat man nun zu dem, in einem Glas befindlichen abgemessenen Harnvolum (z. B. 10 Cub. Cent. Met.) aus einer mit dem Reagensfluidum gefüllten Glasröhre nach und nach soviel Reagens hinzugefügt, bis das Ende der Reaktion genau erreicht ist, so ergiebt sich die, in dem verwendeten Harnvolum enthaltene Menge des fraglichen Harnbestandtheiles einfach durch Ablesung der verbrauchten Volume der Reagensflüssigkeit an der graduirten Glasröhre. Die üblichsten Titrirmethoden können hier nur angedeutet werden, mit Umgehung selbst der nothwendigsten Nebenbedingungen und Cautelen.

Chlornatrium. Setzt man zum Harn eine Lösung von salpetersaurem Quecksiberoxyd, so entsteht ein weisser Niederschlag von Harnstoffquecksilberoxyd. Dieser verschwindet aber sogleich, zufolge der Anwesenheit von Kochsalz, d. h. es entsteht salpetersaures Natron und Quecksilberchlorid. Endlich ist soviel Titrirflüssigkeit zugesetzt, dass alles Kochsalz verwandelt ist in Quecksilberchlorid; ein weiterer Tropfen Titrirflüssigkeit bewirkt nunmehr eine bleibende Trübung von Harnstoffquecksilberoxyd. Auf diesen Punkt der bleibenden Trübung kommt es an.

Harnstoff. Titrirfluidum: wiederum eine salpetersaure Quecksilberoxydlösung. Es entsteht (nach Ausfällung des Kochsalzes) der erwähnte weisse Niederschlag. Setzt man von Zeit zu Zeit zu einem, auf eine Glasplatte gebrachten Tropfen des mit Titrirfluidum vermischten Harnes einen Tropfen kohlensaure Natronlösung, so bleibt der Tropfen so lange weiss, als noch nicht aller Harnstoff ausgefällt ist. Ist aber letzterer Punkt erreicht, resp. ein wenig überschritten, d. h. befindet sich etwas salpetersaures Quecksilber im Harn, so wird ein Tropfen des letzteren durch den Natronzusatz gelb, indem sich Quecksilberoxydhydrat ausscheidet. Auf diesen Punkt der beginnenden gelben Färbung kommt es an.

Phosphorsäure. Setzt man Eisenchloridlösung zum Harn, so entsteht ein gelber Niederschlag von phosphorsaurem Eisenoxyd. Endlich kommt ein Punkt, wo alle Phosphorsäure verbunden ist mit dem Eisen; wird dann derselbe etwas überschritten, so wird die Anwesenheit des zuviel zugesetzten Eisens in einer filtrirten Probe der Mischung angezeigt durch Ferrocyankalium. Es entsteht eine blaue Färbung. Besser ist nach Leconte und Neubauer zur Phosphorsäurebestimmung eine titrirte Lösung von essigsaurem Uranoxyd. Dasselbe fällt phosphorsaures Uranoxyd nieder und der geringste Ueberschuss zugesetzter Titrirflüssigkeit wird durch Ferrocyankalium angezeigt; es entsteht eine röthliche Färbung.

Schwefelsäure. Man setzt zum Harn so lang Chlorbaryumlösung, als ein Niederschlag von schwefelsaurem Baryt entsteht.

Wegen der chemischen und physikalischen Eigenschaften der Harnbestandtheile, ihrer qualitativen Nachweisung, der mikroskopischen Untersuchung ihrer Krystallformen u. s. w., wird auf die chemischen Lehrbücher verwiesen.

263. Physikalische Eigenschaften des Urins.

Der Menschenharn ist klar, ohne morphologische Beimischungen (höchst sparsame Epitelzellen und sog. Schleimkörperchen, namentlich aus der Blase, kommen im Normalharn kaum in Betracht), gelblich, nach sehr starkem Wassertrinken aber nahezu farblos, und anderseits bei stark geminderter Secretion intensiv rothgelb. Der Geschmack ist salzig, der Geruch eigenthümlich, das mittlere specifische Gewicht 1018 (anhaltende Werthe über 1030 sind abnorm; ein Sinken unter 1006 kommt nur nach starkem Wassertrinken vorübergehend vor).

Die saure Reaktion des Harnes ist nach Liebig vorzugsweis bedingt durch saures phosphorsaures Natron. Hippursäure und Milchsäure (?) können unter Umständen diese Reaktion verstärken. Einige Zeit nach dem Lassen zeigt sich gewöhnlich ein leichtes Schleimwölkchen im Harn; noch später erscheinen amorphe, in der Wärme wieder lösliche, meist gelbliche Niederschläge von harnsaurem Natron, deren Entstehung noch nicht gehörig erklärt ist. Die Säuerung nimmt einige Tage, oder selbst 2—3 Wochen hindurch zu, unter Bildung von Milchsäure oder Essigsäure, und zwar aus gewissen Extraktivstoffen des Harnes (Lehmann), vielleicht in Folge einer Fermentwirkung des Blasenschleimes (Scherer). Jene starken Säuren zerlegen die harnsauren Salze und es fällt Harnsäure in Krystallform, durch anhaltenden Farbstoff als röthliches Sediment, aus. Zugleich bilden sich bei dieser sog. sauren Harngährung zahlreiche Hefepilze.

Später tritt die alkalische Gährung ein, und zwar zufolge der Umsetzung des Harnstoffes (durch Aufnahme der Elemente von 2 Molecülen Wasser) in kohlensaures Ammoniak, wobei der Blasenschleim wiederum als Gährungserreger wirkt. Die Reaktion wird zunehmend alkalischer, der Harn riecht stark ammoniakalisch, die Harnsäurekrystalle verschwinden, dagegen treten auf Sedimente von harnsaurem Ammoniak (amorph, oder zu zackigen Kugelformen aggregirt) und von phosphorsaurer Ammoniak-Magnesia (grosse Krystalle meist in sog. Sargdeckel- oder Briefcouvertform).

264. Harnmenge.

Die Angaben über die physiologischen Schwankungen des 24stündigen Harnvolums, mässigere Getränkemengen vorausgesetzt, liegen etwa zwischen 700—2400 Cub. Cent. Met. Ausser der Abnahme der Getränkemenge bewirken besonders Temperaturerhöhung und starkes Schwitzen eingreifende Minderungen des Harnvolums. Die tägliche Harnmenge schwankt in demselben Individuum bei gewöhnlicher Lebensweise, wobei die Getränkezufuhr dem Durst gemäss geregelt wird, in einer längeren Periode um das 3—4fache. Bei einer Tag für Tag absolut gleichen Diät dagegen erhält man die von der Wasserzufuhr unab-

hängigen, bloss durch innere Körperzustände und unvermeidliche äussere Einflüsse (Temperatur, Feuchtigkeit u. s. w.) bedingten Schwankungen der Nierenthätigkeit; das Minimum und Maximum verhalten sich nunmehr wie 1 : 2 (Kaupp).

Die Harnmenge kann innerhalb einer gewissen Grenze gesteigert werden durch reichlicheres Trinken. Die Aufgaben des physiologischen Experimentes sind dabei zweifache: 1) Einmalige Wassereinverleibung. Nach Falck erreicht die Urinsecretion etwa 2 Stunden nach dem Trinken ein Maximum, um nach 2—3 weiteren Stunden auf die gewöhnliche Stärke herabzusinken.

Ferber hat den Gang der Secretion genau verfolgt. Er trank vor 6 Uhr Morgens innerhalb 15 Minuten (kurze Einverleibungszeiten sind unerlässlich) variable Wassermengen und erhielt in den Einzelversuchsreihen folgende stündliche Urinmengen in C. C. M. (Die Decimalen sind weggelassen.)

Getrunkenes Wasser in C. C. M.	Stunde						Gesammtes Harnvolum.
	6—7	7—8	8—9	9—10	10—11	11—12	
Null	53	60	80	61	47	35	336
300	61	56	65	50	35	27	294
600	74	142	155	69	41	32	513
900	196	287	167	82	52	42	826
1200	346	494	191	81	61	41	1214
1500	382	468	154	83	54	74	1186
1800	325	721	237	69	45	36	1433

2) Fortgesetztes Wassertrinken. Statt der so eben betrachteten plötzlichen Ueberschwemmung des Organismus mit Wasser, auf welche ziemlich bald wieder der frühere Gleichgewichtszustand folgt, finden die Wasserzufuhren längere Zeit hindurch in proportionalen Einzelportionen statt. Der Körper wird hier bald eine Art Beharrungszustand erreichen, d. h. bestimmten, fortgesetzt einverleibten Wassermengen müssen Urine von bestimmten Durchschnittsmengen und Qualitäten entsprechen.

Systematisch fortgesetzte Versuche fehlen noch; wir unterlassen desshalb die Angabe der mehr kasuistischen Versuchsresultate.

265. Bildung von Harnstoff und Harnsäure.

Der Harnstoff, ein basischer Körper, ausgezeichnet durch seinen grossen Stickstoffgehalt (46,6 %) und von gleicher elementarer Zusammensetzung ($C_2 H_4 N_2 O_2$) mit dem cyansauren Ammoniumoxyd ($N H_4 O. C_2 NO$), bildet den Hauptbestandtheil des Menschen- und Säugethierharnes, während die stickstoff- und sauerstoffärmere Harnsäure in sehr viel geringerer Menge vorkommt, oder bei vielen Säugern, namentlich Grasfressern, ganz fehlt. Im Harn der Vögel und Reptilien aber kommt die Harnsäure ausschliesslich, oder neben nur sehr geringen Harnstoffmengen vor. Beide Bestandtheile werden vermehrt bei reiner Fleischkost, gemindert bei vegetabilischer, ganz besonders aber bei stickstofffreier Nahrung. Lehmann erhielt folgende tägliche Harnstoffmengen: gemischte Kost $32\frac{1}{2}$ Grammen, animalische 53, vegetabilische $22\frac{1}{2}$, stickstofflose $15\frac{1}{2}$ (s. auch § 294). Selbst bei fortgesetztem Hungern hört die Harnstoffbildung nicht auf.

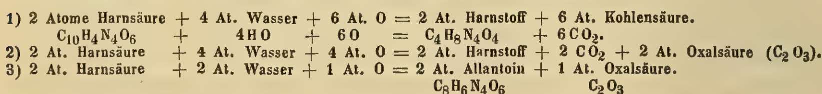
Harnstoff und Harnsäure stehen in nahen Beziehungen zu einander. Die

Harnsäure ist leicht zersetzbar durch oxydirende Mittel. Wird sie z. B. mit Bleiüberoxyd behandelt, so entsehen als Spaltungsprodukte Harnstoff, Allantoin, Oxalsäure und Kohlensäure.

Das Allantoin, ein Stickstoffhaltiger Körper, kommt vor in der Allantoisflüssigkeit (700), sowie nach Wöhler im Harn saugender Kälber, oder in einzelnen Fällen chronischer Respirationsstörungen beim Menschen (Städeler); nicht aber im normalen Menschenharn. Durch Alkalien wird das Allantoin beim Kochen in Oxalsäure und Ammoniak, durch Salpetersäure aber in Harnstoff verwandelt.

Die Harnsäure ist wahrscheinlich das Grundprodukt der Metamorphose der stickstoffhaltigen Körperbestandtheile; dieselbe wird aber im Organismus fast vollständig zerlegt in bloss 2 Endprodukte: Harnstoff und Kohlensäure, während bei minder energischer Oxydation auch Oxalsäure und selbst Allantoin auftreten. Der Harnstoff ist somit das stickstoffhaltige Endprodukt der regressiven Metamorphose der stickstoffhaltigen Körperbestandtheile. Einige physiologische Erfahrungen unterstützen diese Vermuthung. Nach Einnehmen von harnsauren Salzen zeigt der Menschenharn, neben oxalsaurem Kalk, vermehrte Harnstoffmengen (Wöhler und Frerichs), der Kaninchenharn dagegen nur eine Harnstoffzunahme (Neubauer). Ueber den Antheil der einzelnen stickstoffhaltigen Gewebe und Körpersäfte an der Bildung der Harnsäure und des Harnstoffs fehlen sichere Anhaltspunkte. In den Muskeln einiger Knorpelfische fanden Frerichs und Städeler erhebliche Mengen Harnstoff; in den Muskeln anderer Thiere fehlt aber derselbe. Dagegen enthalten die Muskeln nach Liebig Kreatin und Kreatinin, Glieder der regressiven Metamorphose; aus ersterem kann durch Behandlung mit Alkalien Harnstoff erhalten werden. Die Bemühungen, aus Eiweisskörpern mittelst oxydirender Substanzen Harnstoff darzustellen, sind bis jetzt vergeblich gewesen. Ueber die wahrscheinlichen Beziehungen der Leberthätigkeit zum Harnstoff s. § 246.

Die Umwandlung der in den Körper eingeführten Harnsäure in Harnstoff ist freilich kein sicherer Beweis, dass auch dem unter normalen Verhältnissen gebildeten Harnstoff Harnsäure als Vorstufe vorangehe. Es sind also immerhin andere Typen der Harnstoffbildung möglich, ja selbst wahrscheinlich. Zur Erläuterung einiger Spaltungsprodukte der Harnsäure dienen folgende Schemata:



1) 2 Atome Harnsäure + 4 At. Wasser + 6 At. O = 2 At. Harnstoff + 6 At. Kohlensäure.
$C_{10}H_4N_4O_6 + 4HO + 6O = C_4H_8N_4O_4 + 6CO_2$.
2) 2 At. Harnsäure + 4 At. Wasser + 4 At. O = 2 At. Harnstoff + 2 CO_2 + 2 At. Oxalsäure (C_2O_3).
3) 2 At. Harnsäure + 2 At. Wasser + 1 At. O = 2 At. Allantoin + 1 At. Oxalsäure.
$C_8H_6N_4O_6$ C_2O_3

266. Anderweitige organische Bestandtheile des Harns.

Sehen wir ab von den theoretischen Ansichten über die Constitution der Hippursäure, so ist bei diesem Harnbestandtheil vor allem hervorzuheben dessen Zerlegbarkeit in Benzoësäure und Glycin (Glykokoll). Nach Einnehmen gewisser Benzoylverbindungen, z. B. der Benzoësäure selbst, erscheint Hippursäure in grösserer Menge im Harn (Ure), und selbst im Schweiss (G. H. Meissner). Die Benzoësäure nimmt, unter Abgabe von 2 At. Wasser, die Elemente des stickstoffhaltigen Glycins auf ($C^{14}H^6O^4 + C^4H^5NO^4 - 2HO = C^{18}H^9NO$.). Kühne und Hallwachs zeigten, dass die Umwandlung der Benzoë-

säure weder im Darm noch im Blut geschieht, indem nach Injection von benzoësaurem Natron in das Blut der Harn bloss Benzoësäure enthält. Dagegen ist die Leber bei der Hippursäurebildung betheiligt. Wird nach Abbindung der Leber Benzoësäure in den Magen gebracht, so geht sie unverändert in den Urin über; dagegen tritt Hippursäure auf nach Injection des benzoësauren Salzes mit Galle, oder mit glykocholsaurem Natron, oder mit Glycinlösung in den Kreislauf.

Gewöhnlich fehlen aber die Benzoylverbindungen in den Zufuhren und zwar auch in denen der Grasfresser, in deren Harn Hippursäure in besonders grosser Menge vorkommt. Ihre Entstehung muss also auf eine, freilich unbekannte innere Quelle zurückgeführt werden. Städeler hat die Möglichkeit der Bildung von Benzoësäure aus Eiweisskörpern nachgewiesen. Für eine direktere Abhängigkeit der Hippursäure von der Nahrung spricht dagegen die Erfahrung, dass dieselbe im Harn der Pferde schwindet nach vollständiger Entziehung der Zufuhren.

Die Oxalsäure hat ebenfalls 2 Quellen. Nach dem Einnehmen der Säure (dieselbe ist auch in gewissen Vegetabilien, z. B. Rumex- und Oxalisarten, enthalten) entstehen die zierlichen Krystalle von oxalsaurem Kalk in Menge im Harn. Aber auch ohne diese kann derselbe oxalsäurehaltig werden; nach Lehmann besonders in Folge von Genuss kohlensäurehaltiger Getränke, oder 2fach kohlensaurer Alkalien, oder organischsaurer Salze (die im Körper in kohlensaure übergehen), kurz immer, wenn das Blut mit Kohlensäure überladen wird, also auch bei gestörter Athmung. Die Möglichkeit der Oxalsäurebildung (aus Harnsäure) wurde im vorigen Paragraphen besprochen.

Die Harnfarbstoffe sind, wegen ihrer Geneigtheit zu Umsetzungen und ihres Vorkommens in bloss kleinen Mengen, physiologisch und chemisch nur sehr wenig gekannt. Eine Modifikation derselben (Urohämatin) halten Scherer und Harley für einen Abkömmling des Blutfarbstoffs. Nach Einnehmen einer mässigen Menge Gerbsäure wird der Harn pigmentlos (Schottin).

267. Abfuhr der unorganischen Harnbestandtheile.

Die Schwefelsäure und Phosphorsäure des Urins sind zum Theil Oxydationsprodukte des Schwefels und Phosphors der Eiweisskörper, zum anderen Theil aber, sammt den Chlorverbindungen, schon mittelst der Zufuhren in Form der entsprechenden Salze in den Körper eingebracht.

Einnehmen von Chlormagnesium vermehrt nach Buchheim und Wagner die Magnesia; von Chlorcalcium, nicht aber von milchsaurem Kalk, die Kalkmenge des Urins nicht unbedeutend. Verdünnte Kalilösung dagegen vermehrt die schwefelsauren Salze nicht.

Die deutlichsten und durch zahlreiche Versuchsreihen festgestellten Einflüsse zeigen die Zufuhren der phosphorsauren-, schwefelsauren- und Chloralkalien. Vor allem kommen die gewöhnlichen Kochsalzzufuhren im Harne nicht vollständig

wiederum zum Vorschein. Kaupp erhielt bei zunehmenden Kochsalzzufuhren bedeutende Vermehrungen des Kochsalzgehaltes des Urines, zugleich aber nahmen auch die nicht in den Urin übergegangenen proportionalen Salzmengen zu. Bei einer gewissen Kochsalzdiät war die Abfuhr durch den Urin der Aufnahme des Salzes in den Körper gleich; bei kleineren aufgenommenen Salzmengen aber gab der Körper sogar von dem aufgespeicherten Chlornatrium her.

Nach mässig gesteigerter Aufnahme phosphorsaurer Alkalisalze kommt alles überschüssig Eingeführte im Urin wiederum zum Vorschein, wogegen ein schwefelsaures Alkalisalz ungleich weniger leicht resorbirt und durch den Urin wieder abgeschieden wird (Sick).

Kaupp erhielt folgende Werthe:

Chlornatrium in Grammen		Chlornatrium des Urines in % des Aufgenommenen.
täglich aufgenommen.	täglich durch den Urin ausgeschieden.	
33,6	25,7	76
28,7	22,0	79
23,9	17,4	72
19,0	17,0	89
14,2	13,6	96
9,3	9,8	106
1,5	3,8	246

Sick's Versuche mit phosphorsaurem Natron führten zu folgenden täglichen Endwerthen. (Das einverleibte Salz ist in Säuremengen angegeben).

Phosphorsäure-zusatz in Grammen.	Harnvolum in C. C. M.	Phosphorsäure des Urins in Grammen.
0 (Norm)	2744	3,06
1	2988	4,14
2	3010	5,30
3	3058	6,12

Das phosphorsaure Natron vermehrt, wie manche andere sog. Mittelsalze, die Harnmenge ein wenig.

Die Versuche Sick's mit schwefelsaurem Natron ergeben folgende täglichen Endwerthe:

Schwefelsäurezusatz	Schwefelsäure des Urins
in Grammen.	
0 (Norm)	2,46
0,8	3,25
1,6	3,68
2,4	3,69.

268. Zufällige Harnbestandtheile.

In die Säftemasse aufgenommene, dem Organismus fremde, fixe Substanzen werden fast ausschliesslich durch die Nieren wieder ausgeschieden und zwar, wie seit Wöhler vielfach untersucht wurde, schnell oder langsam (unter Umständen ist die Ausscheidung erst nach mehreren Tagen beendet), verändert oder nicht verändert. Die Veränderungen bestehen meistens in Oxydationen, sehr selten in Reductionen; z. B. Kaliumeisencyanid wird als Cyanür ausgeschieden.

Die Salze der schweren Metalle finden sich im Harn, wenn sie anhaltend, oder auf einmal in grosser toxischer Dosis, einverleibt werden. Ausserdem verlassen sie das Blut in der Leber, und mittelst der Fäces den Organismus. Viele

Salze der Alkalien, z. B. schwefelsaure, salpetersaure, Jod- und Chloralkalien gehen unverändert durch den Urin ab; dessgleichen die Ammoniaksalze. Schwefelkalium geht als schwefelsaures Kali, eine gewisse Menge des Einverleibten aber, namentlich bei toxischen Dosen, unverändert ab. Kohlensaure Alkalien treten zum Theil als solche in den Urin, der zugleich alkalisch wird. Manche organische Säuren gehen unverändert über, und zwar vollständig oder, nach Buchheim, nur theilweis, während ein anderer Theil im Körper zu Kohlensäure und Wasser verbrannt wird. Viele organisch-saure Alkalisalze kommen als kohlensaure Salze, Gerbsäure als Gallussäure im Harn zum Vorschein. Eine Anzahl organischer Basen (Chinin, Strychnin, Morphium) verlassen den Harn unverändert; ausserdem gehen in denselben manche Farb- und Riechstoffe über: gewisse flüchtige Substanzen aber, wie Alkohol und Aether, finden sich entschieden nicht im Urin.

269. Folgen der Ausrottung der Nieren.

Alle Harnbestandtheile, die specifischen mit inbegriffen, sind bereits im Blute enthalten; nach Wegfall der Nierenthätigkeit muss sich somit Harnstoff im Blute ansammeln. Prevost und Dumas wiesen denselben nach Ausschneidung der Nieren im Blute nach; seitdem gelten die Nieren nicht mehr als Bildungsstätte, sondern als blosse Ausscheidungsorgane des Harnstoffs. Später wurden Harnstoff und Harnsäure auch im normalen Blute aufgefunden; 5000 Theile des letztern sollen etwa 1 Theil Harnstoff enthalten. Die Nierenexstirpation bewirkt übrigens nur eine relativ mässige Erhöhung des Harnstoffgehaltes des Blutes. Der Tod erfolgt 1—3 Tage nach der Operation. Ausschneidung einer Niere ist nicht nothwendig tödtlich. Die Ursachen des Todes nach der Nierenexstirpation, überhaupt nach Behinderung der Nierenfunktion (Urämie der Pathologen), sind noch nicht genügend festgestellt. Früher beschuldigte man die Harnstoffansammlung im Blut, kam aber davon zurück, weil Harnstoffeinspritzungen in das Blut sonst gesunder Thiere keine gefährlichen Symptome hervorriefen, in das Blut nephrotomirter Thiere aber den Tod wenigstens nicht beschleunigten (Stannius). Man leitete desshalb die Wirkungen von einer in Folge von Umsetzung des Harnstoffes eintretenden Ueberladung des Blutes mit kohlensaurem Ammoniak ab (Frerichs, Stannius). Dass nach Wegfall der Nierenthätigkeiten Ammoniak im Blut und der Athemluft öfters vorkommt, ist sicher; nicht minder aber auch, dass dasselbe fehlen kann.

Das Studium des Stoffwechsels nephrotomirter Thiere hat noch zu viele ungelöste Fragen offen gelassen, so dass befriedigende theoretische Erörterungen vorerst nicht möglich sind. Sicher weiss man, dass nach der Nierenausschneidung Harnstoff und kohlensaures Ammoniak in verschiedenen Secreten auftreten, und dass die Harnstoffmengen, welche im Blut und den übrigen Körpertheilen angesammelt oder durch die anderweitigen Secretionen abgeschieden werden, die Harnstoffmengen bei weitem nicht decken, welche das Thier, selbst seinem kranken Zustand Rechnung getragen, in gleicher Zeit durch die Nieren ausgeschieden hätte. Nicht unmöglich wäre es, dass auch nur mässigere Ansammlungen von Harnstoff im Blut die Harnstoffbildung in den Geweben beschränken und dadurch den Stoffwechsel tief alteriren dürften; der

Harnstoff wäre somit eine indirekt deletäre Substanz. Dass die Unschädlichkeit einer einmaligen Injection von Harnstoff in das Blut, wegen der schnellen Elimination des Einverleibten, wenig beweist, braucht nicht weiter erörtert zu werden. Das Experiment müsste so gestellt werden, dass längere Zeit hindurch Harnstoffeinverleibungen stattzufinden hätten. Nach grossen Harnstoffdosen sterben Kaninchen unter Convulsionen (Gallois).

270. Secretionsvorgang.

Die Harnausscheidung erfolgt zwar beständig, doch so, dass sie bei veränderten Nebenbedingungen eingreifende und schnell wechselnde Modificationen erleiden kann. Diese Abhängigkeit von äusseren Einflüssen haben die Alten richtig gewürdigt, wenn sie einen Getränkharn, Verdauungsharn und Blutharn unterschieden und unter letzterem die Nierensecretion längere Zeit nach Aufnahme von Zufuhren verstanden. Das Secret ist von den Zufuhren so sehr abhängig, dass der Harn der Pflanzenfresser bei Fleischnahrung eine Reihe von Eigenschaften des Carnivorenharnes annimmt und umgekehrt (der alkalische Kaninchenharn z. B. wird nach Fleischfütterung sauer), und dass andererseits bei anhaltendem Fasten eine Anzahl von Unterschieden beider Harnarten wegfällt.

Die Geschwindigkeit der Ausscheidung mancher, besonders der leicht diffusibelen Stoffe durch die Nieren ist auffallend. Jodkalium, namentlich Ferrocyankalium dem Magen einverleibt, kann schon nach 1—2 Minuten im Harn auftreten und bei Menschen mit Inversio vesicae (260) nachgewiesen werden; ein weiterer Grund gegen die Ansicht, dass die Nierencirculation träge erfolge.

Direktere Einflüsse der Nerven auf die Nierensecretion sind bis jetzt noch nicht nachgewiesen. Warum z. B. der Harn nach Durchschneidung der (sympathischen) Nierennerven eiweiss- oder bluthaltig (Krimer), oder nach heftigem Schreck (?) und in gewissen Nervenzufällen auffallend wässrig wird, ist vorerst unerklärbar.

Die Harnbildung beruht auf dem Vermögen der Absonderungsmembran, das Hervortreten auf der Secretionsfläche gewissen Blutbestandtheilen zu versperren, andere dagegen zu gestatten. Die zwei Grundfragen: Abhängigkeit der Secretion von der Beschaffenheit u. s. w. des Nierenblutes und den Eigenzuständen der Secretionsmembran sind vorläufig unlösbar. Injectionen von Kochsalz z. B. in den Kreislauf machen den Harn sogleich ausserordentlich salzreich; aber solche künstlichen Veränderungen der Blutmasse führen gerade hier am wenigsten zu tieferen Aufschlüssen, weil 1) in Folge wesentlich veränderter unbekannter Nebenmomente (z. B. durch die Nieren circulirenden Blutmengen) die Secretion oft ganz anormal wird (nach Wassereinspritzung wird der Harn eiweisshaltig), und weil 2) die künstlich veränderte Blutmischung selbst von Minute zu Minute sich ändert. An eine Untersuchung dieser Frage mittelst des direkten Experimentes kann vorerst noch nicht gedacht werden. Der in beiden Harnleitern gleichzeitig ablaufende Urin kann übrigens nach Menge und % Zusammensetzung erhebliche Unterschiede bieten (Herrmann).

Die Vergleichung der Zusammensetzung des Blutes, resp. Plasmas, und des

Harnes führt auf eine grosse Differenz der Anziehungen der einzelnen Blutbestandtheile durch das Nierenparenchym. Das Blut führt nur sehr geringe Mengen Harnstoff; die Diffusibilität der Niere für diesen chemischen Körper muss also eine ganz ungeheure sein.

Die Nieren dürften durch den arteriellen Blutstrom in 24 Stunden etwa 120 Gramme Harnstoff empfangen, davon würden ungefähr 30 % abgesondert. Die Wasser-, Chlor-, Phosphorsäure- und Schwefelsäure-Ausscheidung zeigt dagegen viel kleinere Procentwerthe. Bezeichnender zur Ueberschauung dieser Verhältnisse ist es wohl, wenn man die Quotienten der Blutplasmaprocentmengen der fraglichen Stoffe in deren Harnprocentmengen aufstellt. Wir erhalten dann für Harnstoff, Chlor, Schwefelsäure, Phosphorsäure und Wasser die Werthe 150 : 17 : 13 : 10 : 1.

Die Einzelbestandtheile des Urins treten insoferne unabhängig von einander durch die Nieren, als im Ganzen und Grossen eine bedeutende Vermehrung eines Bestandtheils die Mengen der übrigen nicht sehr bedeutend steigert. Gleichwohl aber zeigt der Versuch, dass deutliche Abhängigkeitsverhältnisse, wenn auch nur in beschränktem Grade und vorübergehend, eingreifen. Nach plötzlicher Wassereinverleibung z. B. nimmt mit der bedeutenden Steigerung des Urinwassers, die absolute Menge der festen Betandtheile, wenigstens einige Stunden hindurch sehr zu.

Ferber erhielt folgende stündlichen Chlornatriummengen in Grammen nach plötzlicher (264) Wasserzufuhr:

Getränkmengen in C. C. M.	6—7	7—8	8—9	9—10	10—11	11—12	Summe.
0	0,430	0,504	0,720	0,541	0,397	0,366	2,928
(300	0,582	0,545	0,558	0,462	0,378	0,244	2,769)
600	0,537	0,791	0,949	0,486	0,308	0,270	3,341
900	0,961	1,160	0,921	0,533	0,389	0,318	4,282
1200	1,477	1,676	1,006	0,512	0,453	0,305	5,429
1500	1,754	1,720	0,962	0,716	0,978	0,442	6,572
1800	1,387	1,667	0,894	0,437	0,337	0,279	5,001

Das Urinwasser reisst also gewissermaassen, wenn es in steigender Menge secernirt wird, zunehmend grössere Quantitäten dieses und wohl auch anderer Salze, mit sich fort. Bald aber tritt ein Wendepunkt ein; die stündlichen Chlornatriummengen sinken und zwar unter die Werthe, die sie einnehmen würden, wenn keine Wassereinverleibung stattgefunden hätte. Nach obiger Tabelle tritt dieser Wendepunkt um so früher ein, je grösser die Harnvolume sind, d. h. je grössere Chlornatriummengen mit dem Harn bereits ausgeschieden worden sind.

XIV. Wärmebildung.

271. Gleichwarme und wechselwarme Thiere.

Einer alten Eintheilung gemäss zerfallen die Thiere in Warmblüter (Säuger und Vögel) und Kaltblüter. Letztere sind niederer temperirt in kühleren, höher dagegen in wärmeren Medien (Luft oder Wasser). Daraus aber darf man nicht schliessen, dass dieselben einfach von Aussen her erwärmt werden; im Gegentheil, sie haben, wie alle Thiere, ihre Wärmequelle in sich und bieten desshalb in mässigen Temperaturen immer etwas höhere Eigenwärmen als die umgebenden

Medien. In niederen Temperaturen ist ihr Stoffumsatz, namentlich auch der respiratorische Gaswechsel, mit einem Wort ihre Wärmebildung, herabgesetzt; ihr Körper ist nunmehr gleichfalls niederer temperirt. Bei gewissen Temperaturerniedrigungen verfallen sie sogar in Zustände von Erstarrung. Der Frosch ist bei 15° um 1/8—3/4°, bei 6° aber um 1—2° wärmer als das umgebende Wasser (Dumeril). In höheren Temperaturen dagegen sind alle Thätigkeiten der Kaltblüter, also auch die Wärmeproduktion, gesteigert; ihr Körper wird demnach höher temperirt, ohne jedoch den Wärmegrad des Mediums zu erreichen. Aber auch hier giebt es eine obere Temperaturgrenze ihrer Funktionirungen, jenseits welcher sie auf die Dauer nicht bestehen können. Mann nennt diese Thiere mit Bergmann, eben weil sie unter Umständen nichts weniger als kaltes Blut besitzen, viel bezeichnender wechselwarme.

Der Körper der Warmblüter ist dagegen so gut wie konstant warm; diese gleichwarmen Thiere (Bergmann) müssen desshalb in der Kälte viel mehr Wärme nach Aussen abgeben, als in der Wärme, also im ersteren Fall — um die gleiche Körpertemperatur behaupten zu können — mehr Wärme neu bilden.

Die Wärmebildung ist also gesteigert bei den Wechselwarmen in der Wärme, bei den Gleichwarmen in der Kälte. Die Gleichwarmen gehen zu Grund bei excessiver Kälte oder Wärme, zunächst in Folge tiefgreifender Veränderungen der Nerventhätigkeiten, welche die übrigen Functionen allmälig zum Stillstand bringen. Die Temperatur des Menschen nimmt beim bloss vorübergehenden Aufenthalt in hoch erwärmten Räumen nur unbedeutend zu (Fordyce u. A.), und zwar sowohl wegen des geringen Leitungsvermögens der Körpertheile für die Wärme als in Folge der bedeutend gesteigerten Verdunstung. Werden Säugethiere längere Zeit höheren Temperaturen ausgesetzt, so steigt die Körperwärme gleichwohl nicht über 5—6 Grade; die Thiere sterben viel eher, ehe das Gleichgewicht hergestellt wäre zwischen ihrem Körper und der Aussentemperatur. Andererseits kann der Körper der Warmblüter durch künstliche Abkühlungsmittel in der Regel auf nicht mehr als etwa 26° abgekühlt werden, ohne dass der Tod erfolgt. Unter Umständen (283), wenn die Abkühlung langsam geschieht in Folge allmälig verminderter Wärmebildung, ist übrigens ein grösseres Temperatursinken möglich.

272. Körpertemperatur.

Die Körperwärme der Säuger liegt ungefähr zwischen 36—40°, die der Vögel zwischen 40—44° Celsius. Die Körpertemperatur des Menschen beträgt 37—38°. Die Abweichungen von diesem Mittelwerth sind im Normalzustand, ja sogar in Krankheiten nicht sehr bedeutend. Sie beziehen sich: 1) auf gewisse Zustände des Gesammtorganismus (s. die betreffenden §.§); 2) auf die Körperstellen. Die Haut, namentlich die der nackten Körperstellen, zeigt selbstverständlich in der Kälte die niederste Temperatur. Dann folgen die übrigen oberflächlicheren, dem Luftkontakt ausgesetzteren Theile, z. B. die Mundhöhle, wenn sie nicht ganz abgeschlossen ist, mit 34—36°. Einer starken Abkühlung unterliegt auch das Auge, besonders die Hornhaut; der grosse, die Bedürfnisse des örtlichen Stoffwechsels weit überragende Gefässreichthnm der Aderhaut, der Processus ciliares und der Iris sorgt aber für gehöriges Warmhalten der vorderen Theile des Auges. Die meisten inneren Organe haben, wie gesagt, eine Temperatur von 37—38°.

Die höchsten Wärmegrade, etwa 38—39° durchschnittlich, zeigt das Blut;

die Temperatur eines Theiles steigt sogleich, wenn er mehr Blut zugeführt erhält, so dass die an anderen Körperstellen gebildete Wärme ihm zu gut kommt.

Die Temperatur variirt übrigens in den einzelnen Gefässprovinzen. Liebig jun. zeigte, dass das Blut im linken Herzen etwas niederer (um $^1/_{25}$ bis selbst $^1/_{10}$ °) temperirt ist, als im rechten Herzen. Das Blut oberflächlicher Venen ist etwas weniger warm, als das der entsprechenden Arterien; nach Becquerel und Breschet wäre selbst das Blut der Cruralvene um etwa $^3/_4$ bis 1 ° (?) kälter als das der Cruralarterie. Nach Bernard soll das Lebervenenblut die höchste Temperatur haben, höher als das der Pfortader und selbst um etwa 1 ° höher, als das Aortenblut.

Durchgreifende Temperaturunterschiede zwischen Arterien- und Venenblut kommen also nicht vor. Es handelt sich bei diesen Fragen, abgesehen von den durch durch die Gefässe strömenden Blutmengen (also theilweise bekannten Grössen), um die in den einzelnen Gefässprovinzen abgegebenen und neugebildeten Wärmemengen, und die Wärmecapacitäten ihres Blutinhaltes, lauter Werthe, die unbekannt sind. Die obigen Thatsachen entziehen sich daher vorerst der Analyse und der Werth solcher vergleicheneer Temperaturbestimmungen ist ein beschränkter, indem dieselben nichts aussagen können über die Stätten der Wärmebildung im Körper.

273. Temperaturmessung.

Das Quecksilberthermometer ist namentlich dann unanwendber, wenn es sich um tiefer liegende Localitäten, sowie um schnelle Wärmeschwankungen handelt. Becquerel und Breschet bedienten sich zuerst des thermoelektrischen Multiplicators zu physiologischen Temperaturbestimmungen. Ein durch Zusammenlöthen von zwei verschiedenen Metallen, z. B. Kupfer *c* und Eisen *f*, hergestellter Ring (Figur 50), wird sogleich von einem elektrischen Strom durchzogen, wenn beide Löthstellen *a* und b verschieden temperirt sind. Der Strom geht von der wärmeren Löthstelle durch *f* zur kälteren und lenkt eine in der Nähe befindliche Magnetnadel *m* ab (119), und zwar um so stärker, je grösser die Temperaturdifferenz beider Löthstellen. Schaltet man in den Kupferdraht ein Galvanometer ein, so können geringe Temperaturdifferenzen noch gemessen werden. Wird also die eine Löthstelle eingesenkt in ein Medium von bekannter Temperatur, die andere in den Körper selbst, so lässt sich aus der Stärke der Abweichung der Nadel die Temperatur des Körpertheils mit grosser Genauigkeit bestimmen.

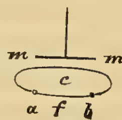


Fig. 50.

Das Schema des physiologischen Versuches ist folgendes. Ein Gefäss *a* (Figur 51), enthält Wasser, das durch hier weggelassene Nebenvorrichtungen konstant warm erhalten wird. In das Wasser ist eingesenkt ein U förmiger Draht, mit einem Kupfer- (*c*) und einem Eisenschenkel (*f*) und der Löthstelle *i*. In dem Körpertheil befindet sich die andere Löthstelle, indem z. B. eine dünne Nadel *z*, zur Hälfte aus Kupfer (*c*), zur Hälfte aus Eisen (*f*) bestehend, durch den Arm gestossen wird. Ein Eisendraht *m* verbindet die zwei Eisenschenkel

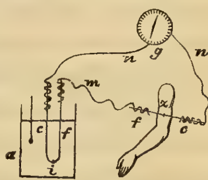


Fig. 51.

beider Löthstellen, ein Kupferdraht *n* die Kupferschenkel, so aber, dass in ihn das Galvanometer *g* eingeschaltet wird. Ist *i* weniger warm als *z*, so geht der Strom von *i* durch den Galvanometer nach *z*. Die in den Körper eingeführte dünne Nadel nimmt ausserdem sogleich dessen Temperaturvariationen an, der Apparat stellt somit ein sehr empfindliches Thermoskop dar.

Die Form der zur Herstellung der Löthstelle dienenden Drähte richtet sich nach der Körperlocalität. Während obiges Schema bloss ein wirksames Element enthält, verwandte Helmholtz 3 Elemente hintereinander, wodurch die elektromotorische Kraft des Strommes verdreifacht wird. Ueber die Construction des thermo-elektrischen Multiplicators, der verhältnissmässig nur wenige Windungen eines dicken Drahtes erfordert, siehe die Lehrbücher der Physik.

274. Wärmemenge.

Die Physik hat nur ein conventionelles Maass für die Wärmemenge, bestehend lediglich in der Angabe der Temperaturzunahme, welche eine gewisse Wassermenge erfährt, wenn dieselbe die fragliche Wärmemenge aufgenommen hat, also z. B. 1 Pfd. Wasser um 3°. Um die Wärmemengen unter sich vergleichen zu können, hat man die sog. Wärmeeinheit (Calorie) eingeführt und versteht darunter diejenige Wärmemenge, die nöthig ist, um 1 Gramm Wasser um 1° C. höher zu erwärmen. 10 Calorien sind also im Stand 10 Gramme Wasser um 1°, oder 5 Gramme um 2° höher zu temperiren u. s. w.

Wird dieselbe Anzahl von Calorien verschiedenen Körpern von gleichem Gewicht zugeführt, so erfahren sie keine übereinstimmende Temperatursteigerung. Daher brauchen auch gleiche Gewichtstheile verschiedener Körper verschiedene Wärmemengen, um auf gleiche Temperatur gebracht zu werden; Wasser, Eisen und Quecksilber z. B. verhalten sich in diesem Betreff wie 33 : 3⅓ : 1, diese Körper haben also sehr verschiedene »Wärmekapazitäten«. Die Wärmekapazitäten der thierischen Säfte sollen der des Wassers ziemlich nahe stehen; die des venösen Blutes soll, nach älteren Versuchen, geringer sein als die des arteriellen (?) und die Festgebilde eine durchschnittliche Wärmekapazität von bloss etwa ⅘ des Wassers zeigen.

275. Calorimetrie.

Die Temperatur eines Körpers giebt keinen Maassstab ab über die von demselben gebildete Wärmemenge. Letztere wird gemessen mittelst des Calorimeter's. Lavoisier wandte jedoch nur zu physicalischen Zwecken zuerst das Eiscalorimeter an. Zur Schmelzung einer bestimmten Menge von Eis ist nöthig eine bestimmte Wärmemenge; die geschmolzene Menge Eis ist somit das Maass der Wärmemenge selbst.

Das Wassercalorimeter Rumford's misst die Temperaturzunahme, welche eine bestimmte Menge destillirten Wassers in Folge der Aufnahme der fraglichen Wärmemenge erfährt. Dulong und gleichzeitig Despretz haben dieses Calorimeter zur Untersuchung der von Thieren abgegebenen Wärmemengen benutzt. Ein kupferner Kasten, in welchem sich das Versuchsthier befindet

wurde in einen Blechkasten so gestellt, dass der Raum zwischen beiden mit Wasser ausgefüllt war. Der Thierkasten erhielt mittelst einer kurzen Röhre Luft zugeleitet, während eine lange, vielfach gewundene Bleiröhre die durch das Thier erwärmte Luft ausführte, welche ihren Wärmeüberschuss an das Wasser des Kastens abgab. Ein Aspirator sorgte für einen gleichmässigen Luftstrom und eine Agitationsvorrichtung für gleichmässige Temperatur der Wasserschichten des Calorimeters. Die aus dem Kasten ausgeführte, durch die Respiration veränderte Luft wurde chemisch analysirt. Die Versuchszeit war bei Despretz etwa $1^{1}/_{2}$ bis 2 Stunden, während welcher das Thier (Hund, Kaninchen u. s. w.) eine Masse von ungefähr 25 Kilogrammen Wasser um $^{1}/_{2}$ bis $1^{1}/_{3}$ ° C. höher erwärmte.

In einem Versuch von Despretz bildete eine Hündinn in 1 Stunde 16410, also in 24 Stunden 393000 Calorien. Das 7 mal höhere Körpergewicht des Menschen ergiebt demnach eine 24 stündige Wärmemenge von etwa 2700000 bis 2800000 Calorien.

Der Calorimeterversuch gehört zu den schwierigeren Aufgaben der physikalischen Experimentalkunst; die Schwierigkeiten häufen sich aber sehr viel mehr bei der physiologischen Calorimetrie. Die vor fast 40 Jahren angestellten Versuche von Dulong und Despretz sind bis jetzt die einzigen geblieben, welche die von Thieren gebildeten Wärmemengen direkt gemessen haben.

276. Indirecte Calorimetrie.

Die so eben betrachteten Calorimeter messen die Wärmemengen unmittelbar, so zu sagen die absoluten Werthe derselben. Hirn hat ein Verfahren angewandt, welches zwar zunächst bloss zu proportionalen Ausdrücken, d. h. zur Vergleichung der von verschiedenen Wärmequellen entwickelten Wärmemengen führt, jedoch können diese Ausdrücke ebenfalls in »absolute« Zahlen umgesetzt werden.

Ein als Calorimeter dienender gehörig verschliessbarer Kasten steht in einem Zimmer, dessen Temperatur nahezu gleich bleibt. Erwärmt eine konstante Wärmequelle im Calorimeter die Luft des Zimmers, so steigt die Temperatur nur einige Zeit, und bleibt alsdann konstant. Von nun an giebt das Calorimeter so viel Wärme in das Zimmer ab, als es in derselben Zeit von der Wärmequelle selbst empfängt und es entsteht ein konstanter Temperaturüberschuss der Calorimeterluft über die Zimmerluft. Hirn verbrannte in dem Calorimeter verschiedene Mengen Wasserstoffgas und berechnete, unter Zugrundlegung der bekannten Heizkraft (s. 277) dieses Gases, die gebildete Wärmemenge. Die Ergebnisse waren folgende:

Verbrannter Wasserstoff in Grammen.	Durch die Wasserstoffverbrennung gebildete Calorien.	Constante Temperatur C° des Calorimeter's.	Constante Temperatur C° des Zimmers.	Differenz beider Temperaturen.
1,90	65600	11,0	8,5	2,5
2,91	100400	12,8	8,9	3,9
3,35	115900	13,5	9,0	4,5
8,06	277900	19,3	8,7	10,6
8,36	289000	20,7	9,4	11,3

Die Wärmeverluste des Calorimeters wachsen also parallel mit dem Tem-

peraturüberschuss der Calorimeterluft über die Zimmerluft. Dividirt man die Calorien durch die Werthe der letzten Columne, so sind die Quotienten (annähernd) dieselben, nämlich 25750. Der Apparat ist also für alle Versuche graduirt und man berechnet die Calorien durch Multiplication der jeweiligen konstanten Differenz zwischen der Calorimeter- und der Zimmertemperatur mit dem Coëfficienten 25750.

Hirn wandte das Verfahren auch am Menschen an. Die atmosphärische Luft wurde durch eine Röhre direkt in den Mund des im Calorimeter Befindlichen geleitet, während eine zweite Röhre die Ausathmungsgase (deren Temperatur und chemische Zusammensetzung bestimmt wurde) aus dem Versuchszimmer abführte. Also mussten zu den durch das Calorimeter angegebenen Wärmemengen noch die, verhältnissmässig kleinen Mengen hinzugerechnet werden, welche von der Ausathmungsluft weggeführt wurden.

277. Wärme bei organisch-chemischen Processen.

Schon Galen brachte die thierische Wärme in bestimmten Zusammenhang mit der Athmung. Mayow stellte schärfer den Satz auf, dass das Athmen, wie die Verbrennung, Wärme erzeuge und Crawford führte vom Standpunkt der phlogistischen Chemie die Analogien beider Vorgänge weiter aus. Lavoisier stellte die erste vollkommene, in ihrem allgemeinen Umriss noch heute gültige, Theorie der organischen Wärme auf und leitete die gesammte thierische Wärme von respiratorischen Oxydationen ab.

Verbinden sich zwei Stoffe zu einem neuen chemischen Körper, so wird Wärme erzeugt. Die Wärmemenge, welche frei wird, wenn 1 Gramm Kohlenstoff vollkommen verbrennt zu Kohlensäure, die Heizkraft also des Kohlenstoffes, ist = 8080 Calorien; die des Wasserstoffs, bei dessen Verbrennung zu Wasser, 34460 Calorien. Die Menge der erzeugten Wärme ist übrigens dieselbe, die Verbindungen mögen langsam oder schnell zu Stande gekommen sein; sowie auch die Gesammtwärme, welche bei der Verbindung zweier chemischer Körper entsteht, dieselbe ist, die Verbindung mag direkt oder indirekt, d. h. erst durch eine Reihe von Zwischengliedern, erfolgen.

Die Endprodukte des thierischen Stoffumsatzes, welche bei statistischen Fragen wie die vorliegende allein in's Gewicht fallen, sind Kohlensäure, Wasser und Harnstoff. Die Annahme lag somit für Lavoisier nahe, die thierische Wärme ausschliesslich oder doch ganz vorzugsweise abzuleiten von der Bildung von Kohlensäure und Wasser. Dulong sowie Despretz prüften diese Ansicht experimentell. Sie bestimmten an Thieren die ausgeathmete Kohlensäure und den absorbirten Sauerstoff, und nahmen von dem verschwundenen, d. h. dem nicht wieder in Form von Kohlensäure zum Vorschein kommenden Sauerstoff an, er sei zur Wasserbildung verwendet worden. Sie berechneten dann, wieviel Wärme der Sauerstoff gebildet hätte, wenn er direkt mit Kohlenstoff zu Kohlensäure und mit Wasserstoff zu Wasser sich verbunden hätte und verglichen diese

Wärmemenge mit den von den Versuchsthieren gebildeten Wärmemengen. Dabei ergab sich, dass die Calorimeterwerthe nicht vollständig gedeckt wurden durch die genannten Oxydationsprodukte. In einigen Versuchen betrug das Deficit bloss wenige Procente, in manchen aber (namentlich bei Carnivoren) bis zu $^1/_4$ der vom Thier abgegebenen Wärme. Man betrachtete desshalb die chemischen Processe als Hauptquelle der thierischen Wärme, leitete aber mit Unrecht das Deficit von anderen Wärmequellen ab, z. B. Reibung des Blutes an den Gefässwänden, Reibungen der Muskelfasern u. s. w.

Man weiss jetzt, dass die Aufgabe verwickelter ist. Die Verbrennungswärme ist nämlich nicht genau dieselbe, ob z. B. der verbrennende Kohlenstoff frei oder mit anderen Elementen zu einem zusammengesetzten Körper verbunden ist; ja selbst der Aggregatzustand des freien Kohlenstoffs ist von Einfluss; Holzkohle z. B. giebt eine etwas grössere Verbrennungswärme als Graphit. Gleichwohl aber stehen sich viele organische Verbindungen, namentlich verwandte Gruppen, bezüglich der Heizkräfte ihrer combustibelen Elemente ziemlich nahe; man ist also wenigstens keinem groben Irrthum ausgesetzt, wenn man von der Lavoisier'schen Grundansicht ausgeht. Eine genaue Uebereinstimmung zwischen den calorimetrischen und den aus den Respirationsprodukten berechneten Werthen ist aber aus mehreren Gründen nicht zu erwarten, namentlich desshalb, weil ausser den Processen, die schliesslich zur Kohlensäure- und Wasserbildung führen, auch sonst noch einige, wenn auch nur untergeordnete chemische Wärmequellen vorhanden sein müssen. Mit einem Worte, die der Verbrennung anheimfallenden Körperbestandtheile sind nur annähernd bekannt. Trotzdem aber muss Lavoisier's Theorie im Ganzen und Grossen beibehalten werden, obschon wir im nächsten § auf eine weitere Beschränkung derselben stossen, wo gezeigt wird, dass die Oxydationsprocesse nicht bloss zur Verausgabung von Wärme, sondern auch von Bewegungen führen.

278. Mechanische Arbeit der Wärme.

Die früher bloss empirisch und unvollkommen gekannte Wechselbeziehung zwischen Wärme und mechanischer Arbeit ist, seit der Aufstellung der Lehre von den sog. lebendigen Kräften, zu einem fruchtbaren und fundamentalen Capitel der neueren Mechanik ausgebildet worden, das auch für die Physiologie eine immer tiefer greifende Bedeutung gewinnt.

Die Wärme verrichtet bekanntlich mechanische Arbeit, d. h. sie bewegt Massen und überwindet dabei Widerstände. Die Ausdehnung des Quecksilbers durch die Wärme mag als einfaches Beispiel der Art dienen. J. R. Mayer, Arzt in Heilbronn, hat zuerst gezeigt, dass die Wärme, die erfordert wird, um ein bestimmtes Gewicht Wasser um 1° C. höher zu temperiren, auch im Stande ist, dasselbe Gewicht auf 1200 Fusse (genauer 424 Meter) zu erheben. Der Wärmeeinheit entspricht also eine bestimmte Arbeitsgrösse, »das mechanische Aequivalent der Wärme.«

Umgekehrt ist aber auch eine Arbeitskraft von 1200 Fusspfunden (91) nöthig, um 1 Pfund Wasser um 1° C. höher zu temperiren. Wärme und Bewegung verwandeln sich also in einander.

Reibt man zwei Körper an einander, so entwickeln sich durch die Friction der Theilchen Widerstände; es geht Arbeit verloren, d. h. Arbeit im gewöhnlichen Sinne, nämlich Bewegung der ganzen Massen, dagegen entsteht Wärme und zwar so, dass das, was verloren geht an mechanischer Arbeit, gewonnen wird an Wärme, mit andern Worten, was verschwindet in Form von Bewegung der ganzen Massen, wird gewonnen an Bewegungen der kleinsten Theilchen.

Die Wärme ist also keine Materie, sondern eine bestimmte Bewegung (wobei wir für unsere Zwecke absehen können, wie diese Bewegungen beschaffen sind und an welchen Theilchen der Körper dieselben vor sich gehen). Je stärker diese Bewegungen, d. h. je grösser die Schwingungsgeschwindigkeiten, desto höher sind die Temperaturen; eine vollkommene Ruhe der Theilchen im thermischen Sinne, also ein absoluter Nullpunkt der Wärme, existirt nicht in der Natur.

Treten chemische Körper zusammen zu einer neuen Verbindung, so entsteht 1) Wärme, indem, in Folge der jetzigen Gleichgewichtszustände der Atome, Wärme frei wird, die vorher »latent« war, und 2) mechanische Arbeit, d. h. Bewegung bestimmter äusserer, Widerstand leistender Massen. Die Gesammtleistung des chemischen Processes ist aber immer dieselbe, d. h. je mehr Wärme sich bildet, desto geringer wird die erzielte (äussere) Arbeit. Die Leistung z. B. der Dampfmaschine beruht in letzter Instanz auf einem chemischen Process: der Oxydation der Kohle. Dadurch entsteht Wärme; diese wird abgegeben an das Wasser, es bildet sich Dampf. Der Dampf bewegt den Kolben der Maschine; aber bei weitem nicht alle Wärme wird umgesetzt in mechanische Arbeit; selbst eine gute Maschine giebt bloss etwa $^1/_{20}$ der gebildeten Wärme als mechanische Arbeit. Unser anfängliches Problem muss also erweitert werden: die chemischen Umsezungen im Organismus führen nicht bloss zur Bildung von Wärme, sondern auch zur Leistung von mechanischer Arbeit und zwar muss wiederum die gebildete Wärme um so viel geringer sein, als derselben Arbeit aequivalent ist.

Die chemischen Processe sind in letzter Instanz die einzigen Wärmequellen. Eine Anzahl anderer, nämlich näherer Wärmequellen (s. 281), z. B. die Reibung des Blutes an den Gefässwänden u. s. w., müssen bei unserer Betrachtung desshalb vollständig wegfallen, weil alle diese Bewegungen, in letzter Instanz, wiederum geschehen auf Kosten der dem Stoffwechsel anheimfallenden Bestandtheile der Muskeln selbst. Auch in der Dampfmaschine ist, wie schon bemerht, die Oxydation der Kohle die einzige Wärmequelle letzter Instanz.

279. Verhältniss der Wärmeproduktion zur mechanischen Arbeit des Menschen.

Der animale Stoffwechsel führt, nach dem vorhergehenden §, zu zweierlei Endeffekten: zu Wärmeproduktion und mechanischer Arbeit. Während der ruhende Mensch bloss Wärme abgiebt, kommt bei dem Arbeit Leistenden jene zweite Verausgabung hinzu in Form eines mechanischen Nutzeffektes. Der täg-

liche Nutzeffekt eines Arbeiters beträgt nach § 93 rund 200000 Kilogrammmeter. Die in 24 Stunden gebildete Wärme dagegen beläuft sich, nach § 275, auf 2750000 Calorien; diesen entspricht ein mechanisches Aequivalent von 2750 Kilogrammen $\times$ 424 Meter = 1166000 Kilogrammmeter. Es tritt also nur etwa ein Siebentel der durch den Umsatz der Körperbestandtheile erreichbaren Verausgabungen in Form von nach Aussen übertragener mechanischer Arbeit auf. Aber auch hierin ist der Organismus in bemerkenswerther Weise bevorzugt; denn die Dampfmaschine setzt, wie schon bemerkt, im besten Fall bloss etwa $^1/_{20}$ der in der Kohle latent enthaltenen Wirkungen in mechanische Arbeit um.

280. Wärmeproduktion des Arbeitenden.

Geht der Organismus aus dem Zustand der Ruhe über in den der Leistung einer (äusseren) mechanischen Arbeit, so nimmt der Verbrauch an Körpersubstanz, vor Allem aber der respiratorische Gasaustausch bedeutend zu. Dieses Plus von verbrauchtem Körper- namentlich Muskelmaterial dient aber nicht bloss zur Herstellung der äusseren Arbeit, sondern zum grösseren Theil wiederum zur Erzeugung weiterer Wärmemengen. Wie die Dampfmaschine, wenn sie stärker wirken soll, so kann auch der Organismus keine äussere mechanische Arbeit verrichten, ohne dass zugleich seine Wärmeproduktion bedeutend zunimmt.

Die Temperatur des Muskels steigt, sowie derselbe in Thätigkeit kommt. Geräth der thätige Muskel bloss in Spannung, so soll nach J. Béclard die Temperaturzunahme grösser sein, als wenn er zugleich eine äussere mechanische Arbeit verrichtet.

Die während der Arbeitsleistung gebildete Wärmemenge ist von Hirn untersucht worden. Derselbe stellte in seinen geräumigen Calorimeterkasten (276) ein Tretrad, dessen Umdrehung von einem äusseren Motor besorgt wurde. Gieng in dem Rad ein Mensch und zwar in einer den Raddrehungen entgegengesetzten Richtung, so vollbrachte derselbe wirkliche mechanische Arbeit, d. h. er hob sein eigenes Körpergewicht auf eine Höhe = dem Produkt der Zahl der Raddrehungen in der Länge des Radumfanges. Die Sekundenarbeit betrug im Endmittel 6,3 Kilogr. Met., ein Werth der unserer Angabe in § 93 nahe steht. Für den ruhenden und den arbeitenden Zustand berechnen sich auf die Zeitdauer einer Stunde aus Hirn's Versuchen folgende Endwerthe:

	Sauerstoffabsorption in Grammen	Calorien	Geleistete Arbeit in Kilogr. Met.
Ruhe	30,7	154000	0
Arbeit	119,8	271000	26650

Diese Versuche ergaben zu hohe O- und Wärmewerthe, auch sind sie aus verschiedenen Gründen nicht geeignet zu Aufschlüssen über die weitere Frage: in welchen genaueren Verhältnissen mit steigender Arbeit die Sauerstoffabsorption und Wärmebildung zunehmen. Die Verausgabungen vergleichen wir am Besten durch Reduction auf mechanische Arbeit. Das mechanische Aequiva-

lent der gebildeten Wärme war für den ruhenden Zustand $154 \times 424 = 65196$ K. M., für den arbeitenden $271 \times 424 = 114904$ K. M. Dazu kommt in letzterem Fall noch die als solche geleistete mechanische Arbeit, somit ein Gesammteffekt von 141554 K. M. Während also der Sauerstoffverbrauch im Arbeitenden um das 4fache stieg, nahmen die gesammten Verausgabungen bloss um das $2^1/_5$fache zu. Dass für 1 Gewichtstheil absorbirtes O beim Arbeiten weniger Wärme gebildet wird als in der Ruhe, versteht sich von selbst; die enormen Unterschiede aber in Hirn's Versuchen sind jedenfalls nicht richtig.

Bewegte sich der Körper, ohne jedoch Arbeit im Sinne der Mechanik zu leisten (d. h. geschah die Bewegung in der Richtung der Raddrehung, eine Aufgabe, die dem Herabsteigen von einem Berg entspricht), so nahm die O-Absorption bloss etwa um's 2fache, die Wärmemenge aber viel stärker zu; Hirn folgert sogar aus seinen wenigen Versuchen, dass nunmehr für 1 Gewichtstheil absorbirtes O mehr Wärme gebildet werde als in der Ruhe.

281. Bestimmung der Wärmemenge aus den Zufuhren.

Boussaingault, Liebig, Dumas u. A. haben aus dem Kohlenstoff- und Wasserstoffgehalt der 24stündigen Zufuhren, unter Zugrundlegung der Heizkräfte dieser Elemente, die in der genannten Zeit gebildete Wärmemenge zu bestimmen gesucht. Von den Kohlenhydraten wird gewöhnlich nur das C in Rechnung gebracht, dagegen vom H und O angenommen, sie seien bereits zu Wasser näher verbunden, eine Annahme, die für unsere approximative Auswerthung gerechtfertigt sein mag. Nach Abzug des C und H in Urin und Koth würden dann die der Verbrennung anheimfallenden C- und H-Mengen zurückbleiben und zwar (s. 286) in 24 Stunden in Grammen:

	Kohlenstoff:	Wasserstoff:
Eiweisskörper 120 Gr. . .	64,18	8,60
Fette 90 Gr.	70,20	10,26
Amylon 330 Gr.	146,82	—
Summe . . .	281,20	18,86
Abzug der Urin- und Kothbestandtheile	29,8	6,3
Zu oxydirender Rest . . .	**251,4**	**12,56.**

Der Kohlenstoff würde geben $251{,}4 \times 8040 = 2\,031\,312$; der Wasserstoff $12{,}56 \times 34\,460 = 432\,818$ Calorien. Die tägliche Gesammtwärme beliefe sich also rund auf 2 464 000 Calorien, eine Zahl, welche der auf direkten Calorimetermessungen begründeten (275) nahe steht.

Bringt man den Kohlenstoff- und Wasserstoffgehalt der stickstoffhaltigen Harnbestandtheile in Abzug, so fallen nur 57,3 Gr. C und 6,3 Grmm. H der Eiweisskörper der Oxydation anheim. Diese bilden 217000 Calorien, also bloss etwa $\frac{1}{12}$—$\frac{1}{11}$ der gesammten Körperwärme. Die Kohlenhydrate und Fette (sog. Respirationsmittel Liebig's) sind somit weitaus die wichtigsten Heizmaterialien des Organismus. Der Fleischfresser kann aber auch bestehen bei Verabreichung von möglichst fettlos gemachtem Fleisch; dann erhält letzteres die Körperwärme vorzugsweis. Doch sind alsdann sehr grosse Fleischmengen nöthig, ein Aufwand, welcher durch „Respirationsmittel“ erspart werden kann.

282. Abfuhr der Wärme.

Die täglichen Wärmeverluste des Körpers sind folgende:

1) *Wasserverdunstung auf den allgemeinen Bedeckungen.* Dadurch entsteht

Kälte, mit anderen Worten: Wärme wird gebunden und zwar für je 1 Gramm Wasser etwa 582 Calorien. Diess gäbe für 660 Gramme rund 364000 Calorien.

2) Wasserverdunstung im Athemorgan. 330 Gramme verdunstendes Wasser binden 182000 Calorien.

3) Erwärmung der Athemluft. Etwa 10 Millionen Cub. Cent. Met. Luft = 13000 Gramme, werden auf 37° temperirt ausgeathmet; eingeathmet im Mittel zu 12°, also erwärmt um 25°. Die Wärmekapazität der Luft ist 0,26, die des Wassers = 1 genommen. Also beträgt dieser Wärmeverlust $13000 \times 25 \times 0{,}26$ = 84500 Calorien.

4) Abgabe von Urin und Koth. Die Temperatur derselben ist 37°, die mittlere Temperatur der Zufuhren etwa 12°; also beträgt die Wärmemenge, um die 1900 Grm. betragenden Massen zu erwärmen, $1900 \times 25 = 47500$ Calorien.

5) Wärmestrahlung der Haut. Sie bedingt weitaus den grössten Wärmeverlust, derselbe ist jedoch nicht direkt bestimmbar. Setzen wir die tägliche Wärmeabgabe des Menschen = 2½ Millionen Calorien, so würden, da die obigen 4 Verluste zusammengenommen 677500 Calorien betragen, auf Rechnung der strahlenden Wärme der Haut 1822500 Calorien kommen.

100 abgegebene Calorien vertheilen sich also folgendermaassen:

Haut 87,4	Strahlung	72,9	
	Wasserverdunstung . .	14,5	21,7
Athmen 10,7	Wasserverdunstung . .	7,2	
	Erwärmung der Athemluft	3,5	
Urin (u. Koth)	. . . .	1,8.	

283. Unterdrückung der Hautthätigkeit.

Thiere, deren Haut mit einem luftdichten Firniss, Leim, Oelfarbe u. dgl. überzogen wird, gehen bald zu Grunde (Fourcault, Becquerel und Breschet). Kaninchen zeigen schon nach wenigen Stunden grosse Mattigkeit, Athemnoth, Abnahme der Athem- und Pulsfrequenz, geminderte Empfindlichkeit der Haut für schmerzhafte Eindrücke, Lähmungserscheinungen und auffallendes Sinken der Körperwärme (bis selbst auf 19°—20° C. im Mastdarm). Die ausgeathmete Kohlensäure sinkt nach Valentin selbst bis auf ein Siebentel der Norm, der inspirirte Sauerstoff aber verhältnissmässig weniger. Brachten Valentin und Schiff bereits bedeutend geschwächte Thiere in höhere Wärme, z. B. von 37°, so nahm nach einigen Stunden der respiratorische Gaswechsel zu, die Bewegungen wurden wieder kräftiger und auch anderweitige Zeichen von Wohlbefinden stellten sich vorübergehend ein. Wurden die mit Firniss bestrichenen Thiere von Anfang an, durch Aufenthalt in der Wärme, vor Abkühlung bewahrt, so blieben sie längere Zeit scheinbar ganz munter; der Tod konnte aber auf die Dauer ebenfalls nicht abgewandt werden. Die Section ergiebt Blutüberfüllung verschiedener Organe und Ergüsse in die serösen Cavitäten.

Edenhuizen fand, allerdings nicht in allen Versuchsthieren, Krystalle

von phosphorsaurer Ammoniak-Magnesia im Unterhautbindegewebe und Bauchfell, sowie einen merklichen Ammoniakgehalt des Blutes. Er glaubt die Erscheinung auf eine Ammoniakvergiftung des Blutes zurückführen zu können, veranlasst durch Unterdrückung eines nicht näher gekannten Stickstoffhaltigen Perspirationskörpers; die Symptome stimmen aber nicht gehörig mit denen der Ammoniakintoxication.

Kaninchen gehen auch zu Grunde, sobald mehr als $1/6$ ihrer Körperoberfläche befirnisst wird und da liegt die Frage nahe, ob nicht das Material des Firnisses von Einfluss sei.

XV. Statik des Gesammtstoffwechsels.

284. Qualität der Zufuhren.

Der Organismus hat ein bestimmtes Bedürfniss des Wiederersatzes für die, in Form von Ausscheidungsstoffen verloren gehenden Körperbestandtheile. Diesem Bedürfniss muss genügt werden durch bestimmte Qualitäten und Quantitäten der Ersatzstoffe.

Kein zusammengesetztes Nahrungsmittel reicht für sich hin zur Ernährung. Ausnahmen machen bloss in gewissen Lebensperioden: 1) die Milch für den Säugling, und 2) das Ei, aus dem der Fötus der Eierleger sein Nahrungsmaterial ausschliesslich entnimmt. Diese Thatsachen, sowie auch die chemischen Analysen solcher Beköstigungsweisen, bei welchen der Mensch gut bestehen kann, lehren, dass der Körper zur regelrechten Ernährung bedarf: Wasser, gewisse unorganische Bestandtheile und mindestens je einen Repräsentanten aus der Gruppe der Eiweisskörper und der sogenannten Respirationsmittel, also ein Kohlenhydrat oder ein Fett.

Diese 4 Hauptcategorien von Zufuhren haben durchaus verschiedene Bedeutungen für den Gesammtstoffwechsel. 1) Das Wasser ist das allgemeine Menstruum der am Stoffwechsel theilnehmenden Substanzen. 2) Die Mineralstoffe dienen als Ersatz der unorganischen Körperbestandtheile; viele derselben zeigen eine verhältnissmässig grosse Endosmosengeschwindigkeit, ihre Anwesenheit begünstigt den Stoffaustausch zwischen Blut und Geweben, sowie die Stärke der Secretionen. 3) Die Eiweisskörper ersetzen den Verlust an stickstoffhaltigen Körperbestandtheilen. 4) Die Respirationsmittel dienen vorzugsweis zur Wärmebildung (281).

Das Leben kann auf die Dauer nicht bestehen, wenn ein einziger Nährstoff ausschliesslich dargereicht wird; wie Versuche von Tiedemann, Magendie u. A. darthun. Werden z. B. Hunde bloss gefüttert mit

einem Kohlenhydrat, etwa Stärkemehl, so magern sie schnell ab; sie verzichten bald lieber auf weitere einseitige Nahrung der Art und sterben, bei Gestattung willkürlichen Wassertrinkens, nach 2—4 Wochen im Zustand höchster Entkräftung. Etwas länger wird das Leben erhalten bei einseitiger Nahrung mit Fetten, verhältnissmässig am längsten bei solcher mit Eiweisskörpern.

Der Gehalt der Nahrungsmittel an Eiweisskörpern ist von hoher Wichtigkeit, ohne aber, wie man früher meinte, deren „Nahrungswerth" ausschliesslich darzustellen. Am höchsten stehen in dieser Beziehung (s. Tabelle 182) Käse (einige 30 %), Hülsenfrüchte und Fleisch. Nebstdem kommt in Betracht das Verhältniss der Stickstofffreien Nährsubstanzen zu den Stickstoffhaltigen. Werden die letzteren = 1 gesetzt, so betragen die ersteren: in Linsen und Erbsen etwa 2, im Ochsenfleisch $1^3/_4$, Mehl 5, Kartoffel 10 u. s. w.

285. Quantität der Zufuhren.

Der Erwachsene ist gut genährt, wenn er, bei zu verrichtender mittlerer Arbeit, täglich etwa erhält in Grammen: 120 Eiweisskörper, 90 Fette und 330 Amylacea; ein Verhältniss also der Stickstoffhaltigen Substanzen zu den Stickstofflosen wie 1 zu ungefähr $3^1/_2$. Die Nahrungsmittel enthalten die genügenden Mengen anorganischer Bestandtheile; der übliche Kochsalzzusatz hat mehr die Wirkung einer Würzung der Speisen, als die eines Ersatzmittels. Die mittlere Wasserzufuhr in Speisen und Getränken beläuft sich auf etwa 2700—2800 Grammen. Die täglichen Ersatzstoffe betragen annähernd $3^1/_5$ Kilogramme ($6^1/_3$—$6^1/_2$ Pf.), ungefähr $^1/_{20}$ des Körpergewichtes.

Die folgende Tabelle giebt eine Uebersicht sämmtlicher 24stündigen Zufuhren (den durch das Athmen aufgenommenen Sauerstoff mitgerechnet), wobei von denjenigen, welche im Organismus chemische Umlagerungen erfahren, auch die Mengen der Elementarbestandtheile angegeben sind. Das O und H des Stärkmehls sind (s. 281) als Wasser angenommen. Die Zahlen bedeuten Gramme.

	Total	Wasser	C	H	N	O	O d. Atmosphäre
Atmosphär. Zufuhr . .	(744,1)	—	—	—	—	—	744,11
Eiweisskörper . . .	120	—	64,18	8,60	18,88	28,34	—
Fette	90	—	70,20	10,26	—	9,54	—
Amylon	330	183,18	146,82	—	—	—	—
Wasser	2635	—	—	—	—	—	—
Salze	32	—	—	—	—	—	—
	3207	183,18	281,20	18,86	18,88	37,88	744,11
	(744,1)						
	3951					**781,99**	

Mulder, Playfair, Liebig u. A. haben die Zufuhren aus den statistischen Angaben über die Beköstigungen einer grösseren Zahl von Menschen, z. B. Soldaten, Arbeiter, berechnet. Die Werthe bezüglich der Eiweisskörper schwanken zwischen 67 bis selbst 200, die der stickstofffreien Substanzeu zwischen etwa 330 bis 480 Grammen; Abweichungen, die sich grossentheils aus der Verschiedenheit der Lebensweisen der, jenen Beobachtungen zur Grundlage dienenden Classen erklären.

Ganz anders gestalten sich die Proportionen der Nährstoffe in ausschliesslichen Pflanzenfressern oder Fleischfressern. Im Futter des erwachsenen Rindviehs (vorausgesetzt, dass es zu keiner besondern Leistung wie Milchsekretion, Mästung u. s. w. verwendet werden soll) werden die Eiweisskörper von den Kohlehydraten um das 8—9fache übertroffen.

286. Gesammtstoffverlust des Körpers.

Das Körpergewicht des Erwachsenen kann im Normalzustand als konstant betrachtet werden, d. h. die durchschnittlichen täglichen Zufuhren decken genau die durchschnittlichen Ausgaben derselben Periode. Die Ausscheidungsstoffe sind: Wasser, anorganische Salze, Kohlensäure und Harnstoff; von den übrigen: Harnsäure, Harnextractivstoffen, Hautfetten u. s. w. wird, da sie sehr wenig in's Gewicht fallen, bei den meisten statistischen Fragen abgesehen. Als komplexe chemische Körper werden die organischen Ersatzstoffe aufgenommen, um den Organismus in Form sehr weniger, grösstentheils unorganischer, einfacher Verbindungen zu verlassen. Die Salze verändern sich nicht wesentlich, sowie auch nahezu alles ausgeschiedene Wasser schon als solches in den Zufuhren enthalten ist.

Folgende Uebersicht (Grammwerthe) dient zur Vergleichung der Ausgaben unter sich und mit den Einnahmen eines gut beköstigten Menschen für den Zeitraum von 24 Stunden.

	Total	Wasser	C	H	N	O	Salze
Athmen	1229,9	330	248,8	—	?	651,15	—
Hautausdünstung .	669,8	660	2,6	—	—	7,2	—
Urin	1766,0	1700	6,8 3,0	2,3 1,0	15,8 —	9,1 2,0	26
Koth	172,0	128	20,0	3,0	3,0	12,0	6
Summe	—	**2818**	**281,2**	6,3	**18,8**	681,45	**32**
Wasserbildung	113,1	—	—	12,56	—	14,78 85,76	—
	3951			**18,86**		**781,99**	

Die obere Reihe Zahlen der Rubrik Urin entspricht den stickstoffhaltigen Bestandtheilen, als Harnstoff in Rechnung gebracht. Die Lungenkohlensäure enthält 651,15 Grammen Sauerstoff. Etwa $^2/_3$ des H der Nahrung können als zur Wasserbildung dienend angenommen werden; es sind also 12,56 Gramme H zu oxydiren; dazu sind nöthig $100^1/_2$ Gramme O; das meiste davon (85,76 Gramme) wird vom atmosphärischen O geliefert, ein kleiner Theil (14,78 Gramme) von dem O der Zufuhren, der durch den O-Gehalt des Urins und Koths nicht gedeckt wird. Die Vergleichbarkeit mit der Tabelle des vorigen § wird erleichtert, wenn das im Organismus entstehende Wasser nicht in die übrigen Ausgaben eingerechnet wird.

Die Athmung scheidet etwa 32, die Hautausdünstung 17, der Koth $4^1/_2$, der Harn $46^1/_2$ Procente der gesammten Excretionsmassen aus.

Die obigen Werthe beruhen auf zahlreichen Angaben verschiedener Forscher über die Einzelausscheidungen und die Zufuhrmengen; sowie sie auch kontrollirt werden durch die Bestimmungen des ehedem sogenannten unmerklichen Verlustes, welche zuerst von Sanctorius zu Anfang des 17. Jahrhunderts in umfassendster Weise angestellt worden sind. Derselbe untersuchte mittelst der Wage diese sog. Perspiratio insensibilis und verglich sie mit den »sensibeln« Ausscheidungen (Urin und Koth), sowie mit den Zufuhren in den Nahrungsschlauch; das erste Beispiel statistischer Bestimmungen der Einnahmen und Ausgaben des Körpers, überhaupt der Anwendung der messenden Methode zu physiologischen Zwecken. Im vorigen Jahrhundert wurden diese Bemühungen

von Keill, Gorter u. A. fortgesetzt; die ausführlichste neuere Versuchsreihe ist von A. Volz.

Wägt man sich von Stunde zu Stunde, ohne Harn und Koth zu entleeren, so erhält man einen durchschnittlichen Gewichtsverlust je von etwa 50 Grammen; also ungefähr 1200 Gramme in 24 Stunden. Dieser Verlust muss offenbar gedeckt werden durch den Kohlenstoff der Respiration und Hautausdünstung (251,4), und das Athmungs- und Hautwasser (990), in Summa 1241 Gramme, laut obiger Tabelle. Nach Volz kommen von 100 Theilen Körpergewichtsverlust 59 % auf den Urin, 35 auf die Perspiratio insensibilis, 6 % auf den Koth. Unsere 1241 Gramme stehen, mit 32—33 %, obigem Werth (35 %) nahe. Dass diese Wägungen nicht den absoluten Verlust durch Haut und Lunge ausdrücken, ist klar; sie geben bloss den Ueberschuss des Gewichtes der Kohlensäure und des Lungen- und Hautwassers über den aus der Luft aufgenommenen Sauerstoff.

287. Mechanisches Aequivalent der Zufuhren.

Die Umsetzungen erfolgen auf Kosten der Bestandtheile der Organe und Säfte; diese aber ersetzen ihre Verluste aus den vom Körper assimilirten Nährstoffen; demnach sind die Zufuhren in letzter Instanz die Quellen aller organischen Thätigkeiten. Die Statik des Stoffwechsels darf nicht stehen bleiben bei der Bilanz der stofflichen Einnahmen und Ausgaben; sie muss auch eingehen auf die Kraftausgaben des Organismus und auf die Rolle der Nahrungsmittel als Kraftquellen.

Das was der Organismus überträgt nach Aussen an unmittelbar wirkungsfähiger Kraft lässt sich immer zurückführen auf zwei Hauptformen, nämlich Wärme und mechanische Arbeit (ob auch Elektricitätsmengen?). Das Maass der Arbeit ist der sog. Nutzeffect (92); in einem solchen Maass kann aber auch ausgedrückt werden die abgegebene Wärmemenge (278). Da nun diese mechanisch auswerthbaren Leistungen in letzter Instanz abhängen von den Nahrungsmitteln, so darf von einem mechanischen Aequivalent der Speisen mit Fug und Recht die Rede sein; es beträgt (s. 279) für die täglichen Zufuhren gegen 1 400 000 Kilogrammmeter. Würden die täglichen Zufuhren (283) direkt vollständig verbrannt, so würde der dadurch gebildeten Wärmemenge wiederum ein mechanisches Aequivalent entsprechen, welches von dem eben angegebenen Werth nicht allzuweit abstehen würde.

288. Die Zufuhren im Verhältniss zu den inneren Bewegungen im Organismus.

Die Zufuhren, indem sie die Functionirungen der Organe erhalten, vermitteln eine unendliche Menge von Einzelleistungen, die nach Stärke, Form und Erscheinungsweisen je nach den Specialfunctionen die grössten Verschiedenheiten bieten; die Nahrung enthält somit eine bestimmte Summe latenter, wirkungsfähiger Kräfte, die im Organismus unter bestimmten Bedingungen und an be-

stimmten Stellen frei werden und die alle (wenn wir absehen von den, in diesem Betreff völlig incommensurabeln sensuellen und rein psychischen Thätigkeiten) auf ein gemeinsames Maass, d. h. eine geleistete Arbeit im mechanischen Sinn zurückgeführt werden können. Hieher gehören unter Anderem diejenigen Muskelbewegungen, die dem Organismus zunächst allein zu gut kommen, z. B. der Umtrieb des Blutes durch die Herzbewegungen, die Athemzüge, Darmperistaltik u. s. w.

Die Arbeitsgrössen (mechanische Aequivalente) dieser »inneren« Bewegungen sind aber nicht, oder nur ungenügend bekannt, mit Ausnahme der Arbeit des linken Herzventrikels, deren Secundenwerth (§ 178) 0,54 Kil. Met. beträgt. Diess giebt für 24 Stunden 46 000 K. M. Die Effecte der 3 übrigen Herzabschnitte zusammengenommen sind jedenfalls geringer. Der Gesammteffect des Herzens in 24 Stunden mag sich auf etwa 70 000 K. M. belaufen. Alle diese »inneren Arbeiten« dürfen natürlich als solche nicht mitgerechnet werden bei der Bestimmung des mechanischen Aequivalentes der Zufuhren, da die Endleistungen der letzteren einzig und allein in Herstellung von nach Aussen abgegebener Arbeit und Wärme (resp. dem mechanischen Aequivalent der letzteren) bestehen.

289. Abänderungen des durchschnittlichen Stoffwechsels aus äusseren Ursachen.

Die in 285 und 286 gezogene Bilanz der Einnahmen und Ausgaben bezieht sich auf den mittleren Menschen, der weder extremen äussern Einflüssen ausgesetzt ist, noch von einzelnen Functionen, namentlich der Muskelthätigkeit, einen einseitigen Gebrauch oder Nichtgebrauch macht. Derselbe producirt ein bestimmtes Mittelmaass von Leistungen, d. h. von inneren Bewegungen, von äusseren Nutzeffecten und von Wärmeeinheiten und verlangt für die beiden letzteren Verausgabungen ein bestimmtes Aequivalent an Zufuhren. Dafür ist er aber auch im Stande, diese Leistungen Tag für Tag in derselben Grösse zu wiederholen, ohne dass sein Körpergewicht oder die proportionale Menge der Einzelbestandtheile seines Körpers wesentliche Veränderungen erleiden. Dieses Durchschnittsverhältniss kann aber bedeutend abgeändert werden entweder 1) durch Veränderung der Zufuhren; dann ändern sich natürlich auch die Leistungen, ja unter Umständen sogar der Körper selbst; oder 2) durch Veränderung der Leistungen. Eine solche erheischt wiederum eine entsprechende Modification der Zufuhren.

I) Die Zufuhren steigen. a) Die Verausgabungen nehmen in aequivalenter Weise zu. Der Körper leistet jetzt mehr, ändert aber sein Gewicht nicht. *b)* Die Verausgabungen steigen nicht, oder doch nicht in demselben Grade; der Körper legt nunmehr zu an Gewicht.

II) Die Zufuhren werden gemindert. Der Körper zehrt, in soweit das Bedürfniss nicht gedeckt wird, auf eigene Kosten; er verliert allmälig an Gewicht. Mit Abnahme der Körpermasse sinken auch die Umsetzungen, überhaupt die Leistungen; es muss aber ein Punkt kommen, wo die geminderten Zufuhren hin-

reichen, die nunmehrigen Verausgabungen zu decken. Auf diesem, namentlich von Bischoff und Voit näher gewürdigten neuen Beharrungszustand bleibt der magerer gewordene Körper stehen und zwar, wenn die Minderung der Zufuhren nur mässig niedrig ist, im Zustand relativer Gesundheit.

III) Die Zufuhren werden gänzlich vorenthalten. Der Körper magert ab, wird immer leistungsunfähiger und geht dem Hungertod entgegen.

Der Gesammtstoffwechsel bewegt sich auch im normalen Zustand innerhalb einer bedeutenden Breite. Die Thiere würden, gegenüber den Schwierigkeiten und Zufälligkeiten bei der Beschaffung ihrer Nahrung den grössten Gefahren ausgesetzt sein, wenn es sich anders verhielte. Ihre Körpergewichte schwanken nicht unbeträchtlich. Damit gehen aber auch Schwankungen der Functionen Hand in Hand, so zwar, dass Compensationsmittel in Menge vorhanden sind, die das Bestehen des Organismus sichern und denselben den jeweiligen, unter Umständen selbst ziemlich extremen äusseren Verhältnissen anpassen. Eines der wichtigsten Compensationsmittel besteht darin, dass der schlechtbeköstigte Körper wenig, der reichbeköstigte dagegen viel verausgabt.

290. Abänderungen des Stoffwechsels aus inneren Ursachen.

Gegenüber den, im vorigen § betrachteten Einflüssen, macht übrigens der Organismus seine Individualität auf das Mannigfaltigste geltend. Geschieht diess in excessiver Weise, so treten Einzelleistungen hervor, die namentlich für die ökonomische Verwendung der Thiere von Wichtigkeit sind.

1) Manche Individuen ertragen viele, andere dagegen verhältnissmässig nur wenige Zufuhren. Die ersteren sind zu grösseren Nutzeffecten befähigt.

2) Ein und derselbe Gesammtnutzeffect kann offenbar erreicht werden durch verschiedene Combinationen der gebildeten Wärme und der nach Aussen abgegebenen Arbeit.

Von zwei Organismen, die in gleicher Weise beköstigt werden, kann z. B. der eine mehr Arbeit und weniger Wärme liefern, während in dem andern die Wärmebildung über, die Arbeitsleistung unter dem gewöhnlichen Maass steht. Dieses Thier taugt besonders zur Mästung, jenes giebt grosse Milchmengen, ein drittes aber, unter sonst gleichen Aussenverhältnissen, passt weder für die eine, noch die andere Verwendung. Häreditäre Einflüsse machen sich hier besonders geltend.

3) Nirgends machen sich die Einflüsse der Körperzustände auf Intensität und Richtung der in Rede stehenden Leistungen stärker geltend, als in gewissen Krankheiten; gerade hier stossen wir auf überaus merkwürdige Zustände, in denen der Stoffwechsel völlig aus den Fugen gerissen ist. In der Zuckerharnruhr werden grosse Mengen Zucker unverwendet durch die Nieren ausgeschieden, während in der Norm der Zucker, sei er von Aussen eingeführt oder im Organismus gebildet, wieder verschwindet, d. h. zu Wärmeeffecten u. s. w. nutzbar gemacht wird. Besonders interessante Beispiele bieten manche heftigeren Fieber. Im Abdominaltyphus kann die tägliche Harnstoffmenge auf 50, selbst 70 Gramme steigen, obschon der Kranke sich unter Bedingungen befindet (Aufenthalt im Bett, nahezu vollständiges Fehlen stickstoffhaltiger Zufuhren), unter welchen der normale Körper nur sehr wenig Harnstoff bilden würde.

Alle diese so verschiedenen physiologischen und pathologischen Zustände erfordern

gewisse quantitative und qualitative Modificationen der Zufuhren; dasselbe ist der Fall, wenn von einem Organismus bestimmte, mehr oder weniger einseitige, Leistungen verlangt werden. Die schlagendsten Beispiele liefern die Erfahrungen der Thierzüchter. Es giebt bestimmte Kostmaasse für den wachsenden und ökonomisch noch nicht benutzbaren Organismen, für das zur Arbeit, zur Zucht, zur Milchgewinnung oder Mästung verwendete Vieh, sowie endlich auch für das vorübergehend zu nichts verwendete erwachsene Thier eine gewisse Diät, ein bestes Maass des sog. Erhaltungsfutters aufgestellt werden kann. Diese Kostmaasse sind blosse Durchschnittswerthe und einzelne Individuen können immerhin mehr oder weniger grosse Abänderungen verlangen und zwar aus Ursachen, die nicht oder nur theilweis ermittelt werden können; die Zeit wird aber bestimmt kommen, in welcher für einen gegebenen Organismus die beste Form der Ernährung abgeleitet werden kann aus der Betrachtung und Ausmessung seiner Hauptfunctionen. Wieviel hier noch zu thun sein mag, das kann der physiologisch gebildete Arzt ahnen, der da weiss, was eine passende diätetische Vorschrift in Krankheiten unter Umständen leistet. Die Ersetzung der mangelhaften empirischen und casuistischen Regeln der medicinischen Diätetik durch wissenschaftliche Principien ist in der That eine der höchsten Aufgaben einer künftigen Physiologie der Ernährung.

291. Nahrungsentziehung.

Die ersten umfassenden Versuche der Art hat Chossat an Thieren verschiedener Klassen durchgeführt; Bidder und Schmidt, Bischoff und Voit verfolgten den Chemismus des Stoffumsatzes in Hungernden näher.

Das hungernde Thier verliert, indem seine Ausscheidungen fortbestehen, beständig an Körpergewicht. Im Verlauf des Hungerns nehmen aber die Verluste immer mehr ab, in den letzten Lebensstunden sind sie höchst gering. Der Tod tritt ein, wenn die Thiere durchschnittlich etwa $^4/_{10}$ ihres Körpergewichtes verloren haben. Die Abweichungen von diesem Mittelwerth sind übrigens ziemlich gross; sie liegen zwischen $^1/_5$ und mehr als $^1/_2$ des Körpergewichtes. Letzterer Werth kommt bei sehr fetten, ersterer bei schwächeren und jungen Thieren vor. Je stärker der auf die Körpergewichtseinheit bezogene Stoffwechsel, desto früher tritt der Termin ein, bis zu welchem die Thiere den tödtlich werdenden Körperverlust erleiden. Frösche sterben durchschnittlich erst nach 9 Monaten; kleinere Säugethiere und Vögel, bei gleichzeitiger Entziehung des Getränkes, etwa in 9 Tagen. Menschen sollen unter solchen Umständen (war die Darbung eine absolute?) 3 Wochen gelebt haben.

292. Einzelprocesse des Stoffwechsels im Verhungernden.

Das Blut wird, während es an Masse bedeutend einbüsst, zunehmend concentrirter, vorausgesetzt, dass auch die Wasserzufuhr aufhört (Nasse). Die oberflächlichen Theile sind blass, welk; die Haut runzelig in Folge des Schwindens des Fettes. Die Secretionen werden sparsam und concentrirter. Der Mund ist auffallend trocken, die Secretion der eigentlichen Verdauungssäfte hört auf. Die Gallenblase füllt sich mit dickflüssiger Galle. Puls und Athemzüge werden seltener; der respiratorische Gaswechsel nimmt bedeutend ab, so aber dass das Sauerstoffquantum, welches nicht wieder in Form von Kohlensäure zum Vorschein kommt, zunimmt. Die Harnmengen sinken anfangs schnell; der con-

centrirte Harn reagirt stark sauer. Die Neubildungen, z. B. Verheilung von Wunden, Knochenbrüchen, Eitersecretionen sind bedeutend beeinträchtigt, selbst ganz sistirt; alle Funktionen des Stoffwechsels also in hohem Grade herabgesetzt. Die Muskelschwäche nimmt immer mehr zu; unter Sinnesverwirrung und schlafsüchtigen Zuständen gehen die Thiere zu Grund.

Die ausgedehnteste Arbeit der Art haben Bidder und Schmidt geliefert. Das Versuchsthier (Katze) erhielt ausser kleinen Wassermengen nichts. Die 24stündigen Kohlensäurewerthe beziehen sich freilich nur auf ungefähr je 2 tägliche Versuchsstunden. Die Versuchsreihe begann 8 Stunden nach der letzten Nahrungsaufnahme. Die Zahlen bedeuten Gramme.

Versuchstag.	Körpergewicht in der Mitte des Versuchstags.	Getrunkenes Wasser.	Harnmenge.	Harnstoff.	Unorganische Bestandtheile des Harns.	Trockene Fäces.	Ausgeathmete Kohle.	Wasser in Harn und Fäces.
1	2464	—	98	7,9	1,3	1,2	13,9	91,4
2	2297	11,5	54	5,3	0,8	1,2	12,9	50,5
3	2210	—	45	4,2	0,7	1,1	13,0	42,9
4	2172	68,2	45	3,8	0,7	1,1	12,3	43,0
5	2129	—	55	4,7	0,7	1,7	11,9	54,1
6	2024	—	44	4,3	0,6	0,6	11,6	41,1
7	1946	—	40	3,8	0,5	0,7	11,0	37,5
8	1873	—	42	3,9	0,6	1,1	10,6	40,0
9	1782	15,2	42	4,0	0,5	1,7	10,6	41,4
10	1717	—	35	3,3	0,4	1,3	10,5	34,0
11	1695	4,0	32	2,9	0,5	1,1	10,2	30,9
12	1634	22,5	30	2,7	0,4	1,1	10,3	29,6
13	1570	7,1	40	3,4	0,5	0,4	10,1	36,6
14	1518	3,0	41	3,4	0,5	0,3	9,7	38,0
15	1434	—	41	2,9	0,4	0,3	9,4	38,4
16	1389	—	48	3,0	0,4	0,2	8,8	45,5
17	1335	—	28	1,6	0,2	0,3	7,8	26,6
18	1267	—	13	0,7	0,1	0,3	6,1	12,9
		131,5	**775**	**65,9**	**9,8**	**15,8**	**190,8**	

293. Abnahmen der Körperorgane des Verhungernden.

Die Organe ohne Ausnahme verlieren an Gewicht und Volum, jedoch, wie Chossat zeigte, in sehr verschiedenem Grade. Nach eingetretenem Hungertod sind geschwunden: Fett um $^9/_{10}$ des Gewichtes (die Fettzellen selbst bleiben erhalten, bloss ihr Inhalt schwindet, Kölliker), Milz $^7/_{10}$, Pankreas und Leber $^5/_{10}$, Herz, Muskeln, Nahrungskanal (der zugleich bedeutend kürzer wird) $^4/_{10}$, Nieren $^3/_{10}$, Athmungsorgane $^2/_{10}$, Knochen $^1/_6$, Auge $^1/_{10}$, centrales Nervensystem $^1/_{50}$. Sehr gross scheint die, noch nicht exakt bestimmte, Minderung der Blutmasse zu sein.

Offenbar sind hier zweierlei Verhältnisse zu unterscheiden: 1) Gewisse Organe schmelzen so, dass sie unmittelbar Produkte der regressiven Metamorphose liefern, welche, als keiner weiteren Verwendungen mehr fähig, aus dem Körper ausgeschieden werden. 2) Andere Organe aber schmelzen so, dass ihre Bestandtheile unverändert eintreten in die Blutmasse, um entweder schon dort, oder erst wenn sie in das Parenchym gewisser Organe übergegangen sind, der regres-

siven Metamorphose anheimzufallen. Diese schmelzenden Theile tragen also zunächst zur Ernährung anderer Körperbestandtheile bei.

Die Gewichtsabnahme eines Organs lehrt nichts über dessen Stoffwechsel-Intensität während der Inanition. Ein Organ nämlich, welches beim Hungern sein Gewicht annähernd behauptet, kann dabei einen geringen oder einen starken Stoffwechsel erfahren haben; im letzteren Fall hat es energisch auf Kosten der schmelzenden Organe vegetirt. Diess mag namentlich beim Nervensystem der Fall sein, bei welchem übrigens Bidder und Schmidt viel grössere Verluste erhielten, als oben angegeben. Die Ursachen dieses verschiedenen Verhaltens der Einzelorgane sind durchaus unbekannt.

Bidder und Schmidt ermittelten an dem, in 272 erwähnten Versuchsthier während der ganzen Dauer der Inanition einen Verlust von etwa 204 Grammen Eiweisskörpern, 133 Fetten, 10 anorganischen Bestandtheilen und 1000 Grammen Wasser. Der Vorrath des Körpers an Eiweisskörpern hätte demnach sich gemindert etwa um 39 %, die unorganischen Bestandtheile um 4½ %, das Wasser um 58 % (das Thier durfte kleine Wassermengen geniessen), die Fette dagegen waren fast völlig geschwunden. Die Summe aller festen Bestandtheile nahm ab um 37 %.

Bidder und Schmidt berechneten das Gewicht der der regressiven Metamorphose verfallenen Eiweisskörper aus dem Stickstoffgehalt der Fäces und des Harnes. Von dem direkt bestimmten Gesammtverlust an Kohlenstoff (in Harnstoff, Fäces und Lungenkohlensäure) wurde abgezogen der Kohlenstoff der Eiweisskörper und der Rest als Kohlenstoff der Fette berechnet. Der auf diese Weise erhaltene Fettverlust ist wohl etwas zu gross. Die Gesammtverluste an festen Bestandtheilen des Körpers und an Wasser wurden auch direkt bestimmt durch Vergleichung des verhungerten Thieres mit einem normalen von gleichem Wuchse.

294. Reine Fleischkost.

Ein ausschliesslich mit Fleisch gefütterter, kräftiger Hund bedarf grosse Zufuhren, wenn die Einnahmen die Ausgaben decken sollen; ein Versuchsthier Bischoff's und Voit's verlangte zu diesem Zweck eine tägliche Fleischmenge von $^1/_{25}$—$^1/_{20}$ seines Körpergewichts. Noch grössere Fleischportionen vermehren das Körpergewicht. Dieses neue Körpergewicht erfordert aber, um beibehalten zu werden, wiederum eine bestimmte und zwar grössere Fleischzufuhr als vorher. Soll gar eine weitere Zunahme an Körpermasse erzielt werden, so muss die Fleischportion noch höher steigen u. s. w. Indem das Thier an Muskelmasse und Blut immer mehr zulegt, wird der Umsatz sämmtlicher stickstoffhaltiger Körperbestandtheile ungeheuer gesteigert, wahrscheinlich aber zugleich der Verbrauch des Körperfettes immer mehr herabgesetzt. Ein über 30 Kilogr. schwerer Hund bildete unter solchen Verhältnissen 150 bis selbst 180 Gramme Harnstoff täglich (Bischoff und Voit); an einer reichlich gefütterten Katze beobachteten Bidder und Schmidt, neben stark vermehrten Harnstoffmengen, eine bedeutende Zunahme der ausgeathmeten Kohlensäure. Endlich ist aber das Thier am Grenzpunkt der Mästung angekommen; es frisst nicht mehr und büsst rasch die gewonnenene Körperfülle, zum Theil oder selbst ganz, wieder ein.

Die Endwerthe der Versuche von Bischoff und Voit sind in folgender Tabelle aufgeführt. Manche der letzteren sind allerdings insofern nicht strenge unter sich vergleichbar, als das Thier in die Versuchsreihen nicht immer unter gleichen Verhältnissen eintrat, indem sehr wichtige Bestimmungsglieder, wie z. B. das anfängliche Körpergewicht und die vorangegangene Kost zum Theil wesentliche Unterschiede boten. Sämmtliche Werthe (Gramme) beziehen sich auf 24 Stunden.

Genossenes		Harnmenge.	Harnstoff.	Aenderung des Körpergewichtes.	Zahl der Versuchstage.	
Fleisch.	Wasser.					
(0	185	194	18,8	— 462	16)	3 Versuchsreihen; also nur kurze Hungerperioden.
176	0	266	26,8	— 405	2	
300	0	318	32,6	— 335	2	
600	0	457	49,0	— 206	2	
900	0	643	67,8	— 126	2	
1200	0	819	88,6	— 12	2	
1500	5	996	108,3	+ 84	2	
1800	198	1150	106,5	+ 18	21	
2000	84	1304	130,7	+ 142	10	
2200	0	1412	154,8	+ 122	7	
2500	270	1799	172,7	+ 284	3	
2660	0	1677	181,4	+ 210	1	
2900	0	1540	175,6	+ 440	1	

295. Leim.

Fertiger Leim und leimgebende Gewebe werden nach Bischoff und Voit in Harnstoff umgesetzt. Diese Forscher betrachten den Leim desshalb als ein Mittel, den Verbrauch stickstoffhaltiger Bestandtheile bis zu einem gewissen Grad zu beschränken, eine Wirkung, die sich selbst bei ausschliesslicher Leimfütterung noch geltend machte. Es wird sogar, nach Bischoff, bei an sich ungenügender Fleischkost, verbunden mit Leimnahrung, nicht aller in den Körper eingeführte Stickstoff im Harn wieder ausgeschieden, und Bischoff meint, dass das Stickstoff-Deficit zum Fleischansatz im Körper verwendet werde. Uebrigens nimmt bei der erwähnten Kost das Körpergewicht, namentlich aber das Fett, entschieden ab.

296. Respirationsmittel.

Reine Fettfütterung. Die stickstoffhaltigen Körpertheile, also namentlich die Muskeln, fahren auch jetzt noch fort, arbeitend sowohl als ruhend, bestimmte Umsetzungen zu erleiden. Aber wegen der fehlenden stickstoffhaltigen Zufuhren nimmt die Masse und Energie der Muskeln, also auch deren Stoffumsatz bedeutend ab. Dagegen verfällt das genossene Fett der Oxydation vorzugsweis, sodass die Wärmeproduktion nunmehr fast ausschliesslich auf Kosten des Fettes geschieht. Das Fett mindert also den Verbrauch der stickstoffhaltigen Körperbestandtheile. Die Kohlenhydrate (Zucker, Stärkmehl u. s. w.) spielen eine ähnliche Rolle wie das Fett. Liebig hat desshalb diese Nährstoffe »Respirationsmittel« genannt (s. § 281). Diese durchaus gerechtfertigte Auffassung hat übrigens zu vielen Missverständnissen, und zwar bei Gegnern wie Vertheidigern, Anlass gegeben. Die Respirationsmittel ersparen den Muskeln, insofern diese Arbeit zu verrichten haben, selbst-

verständlich nichts an Ausgaben, wohl aber mindern sie die zehrende Wirkung des Sauerstoffes auf die ruhenden Muskeln.

297. Verbindung von Fleisch und Fett.

a) Unzureichende Kost. Erhält ein Hund neben ungenügenden Fleischportionen Fettzusätze, so nimmt sein Körpergewicht weniger ab, und sein Verbrauch stickstoffhaltiger Bestandtheile ist geringer, als wenn er mit der unzureichenden Fleischportion allein gefüttert wird.

b) Normalconsumtion. Die Eigenschaft des Fettes, den Verbrauch stickstoffhaltiger Körperbestandtheile zu mindern, machte sich bei dem, oben erwähnten, Versuchsthier Bischoff's und Voit's in dem Grad geltend, dass zur Erhaltung seines normalen Körpergewichts eine 3- bis selbst 4mal kleinere Fleischportion erforderlich war, als bei reiner Fleischkost. Ein bestimmtes Verhältniss von Fleisch und Fett ist sonach das beste Kostmaass des Fleischfressers; die Muskeln, welche vollkommen leistungsfähig bleiben, erhalten die nöthigen Ersatzmaterialien, ohne dass der Stoffwechsel in denselben und den stickstoffhaltigen Körperbestandtheilen überhaupt (wie es bei reiner Fleischkost der Fall ist) auf's Höchste gesteigert wird. Ein ansehnlicher Theil der Wärme wird alsdann, statt von den Oxydationsprodukten der Muskeln u. s. w. von dem mit vorzüglicher Heizkraft begabten Fett geliefert.

c) Ueberschreitung der Normalconsumtion. Wird bei normaler Fettzufuhr die Fleischmenge über Bedarf gesteigert, so wird das Plus von Fleisch verbraucht, d. h. die stickstoffhaltigen Theile erleiden einen stärkeren Umsatz. Dadurch wird wohl die Oxydation des Fettes gemindert, sodass die Gewichtszunahme des Thieres vorzugsweis in Fett bestehen dürfte (Bischoff und Voit). Dieser Zustand mässiger Fettmästung kann aber auch, und zwar ökonomischer, erreicht werden durch Steigerung des Fettes der Zufuhren bei normal gebliebenen Fleischportionen.

Aus den Versuchsreihen Bischoff's und Voit's wählen wir noch folgende heraus. Auch hier gelten die Bemerkungen von 294. Alle Werthe sind 24stündig.

Genossenes			Harnmenge.	Harnstoff.	Aenderung des Körpergewichts.
Fleisch.	Fett.	Wasser.			
150	250	262	314	15,6	— 16
500	250	148	363	31,7	+ 148
1000	250	81	543	60,7	+ 218
1500	250	12	857	98,3	+ 294
1800	250	251	1162	120,7	+ 245
2000	250	108	1429	135,7	+ 47

298. Verbindung von Eiweisskörpern und Kohlenhydraten.

Der Zusatz von Zucker, überhaupt von Kohlenhydraten (welche im Körper zunächst in Zucker verwandelt werden) zu stickstoffhaltiger Kost hat zwei Hauptwirkungen auf den Stoffwechsel: 1) Der Harnstoff nimmt (bei gleichgebliebener Stickstoffzufuhr) entschieden ab; der Verbrauch stickstoffhaltiger

Körperbestandtheile wird sogar noch stärker herabgesetzt als durch die Fette (Hoppe); der Zucker ist also der »zehrenden Wirkung« des Sauerstoffes zugänglicher als die Fette. 2) Der Verbrauch der Körperfette scheint gleichfalls vermindert zu werden. Die Kohlenhydrate können also die Fette der Nahrung ersetzen, doch sind hierzu (wenigstens beim Fleischfresser) relativ sehr grosse Mengen der ersteren nothwendig (Bischoff und Voit).

Bei einer gewissen Menge von Kohlenhydraten tritt sogar, jedoch nur beim Pflanzenfresser, ein Fettansatz ein. Der Fleischfresser dagegen oxydirt alle eingeführten Kohlenhydrate; er verzehrt überhaupt niemals freiwillig sehr grosse Mengen dieser Nährsubstanzen, welche von seinen Verdauungsorganen nicht vollständig bewältigt werden könnten. Der Pflanzenfresser aber oxydirt die Kohlenhydrate, von denen er grosse Mengen assimiliren kann, vollständig und verwendet den nicht oxydirten Rest derselben zur Fettbildung. Gerade desshalb sind diese Thiere zur Mästung vorzüglich tauglich.

Das Fettwerden der Pflanzenfresser bei reichlichem Gehalt ihrer Nahrung an Kohlenhydraten ist eine längst bekannte Thatsache. Die oben dargelegte Anschauung, als ob die Fette aus den Kohlenhydraten direkt entstünden, will nichts anderes sein als ein kurzer Ausdruck für einen chemischen Process, dessen Einzelheiten vollständig unbekannt sind. Es ist sogar fraglich, ob überhaupt die Kohlenhydrate direkt in Fette metamorphosirt werden; sie müssten, da sie Sauerstoffreicher sind als die Fette, dabei eine Desoxydation erleiden.

299. Nächste Bedingungen des Stoffumsatzes.

So verschieden auch der Stoffwechsel sich gestalten kann in Folge äusserer oder innerer, im Individuum selbst liegender, Ursachen, im Wesentlichen sind es, und zwar sogar unter den extremsten Bedingungen der Ernährung, immer dieselben Processe. Das hungernde Thier, wie das wohlgenährte, scheidet Harnstoff, Kohlensäure und Wasser aus. Das Thier mag ausschliesslich von Pflanzen- oder von Fleischnahrnng leben, der Organismus mag gesund oder schwer erkrankt, er mag gemästet, normal ernährt, unzureichend beköstigt, oder selbst im absoluten Hungerzustand begriffen sein, er lebt zunächst immer nur auf Kosten seiner eigenen Bestandtheile. Der Stoffwechsel wird somit zunächst ausschliesslich bestimmt durch den Zustand der Gewebe, Organe und Säfte des Körpers. An diesen unterscheiden wir aber drei Hauptqualitäten, mit deren Aenderung auch die Erscheinungen des Stoffumsatzes nothwendig anders sich gestalten müssen.

I. Die Massenentwickelung. Nehmen die Organe an Masse zu, so liefern sie auch mehr Umsatzprodukte; wenn die Blutmenge sich vermehrt, so nimmt die zum Umtrieb derselben nöthige Arbeit des Herzens gleichfalls zu; die »inneren« Bewegungen überhaupt werden im Gutgenährten intensiver vor sich gehen; aber auch die (äusseren) Arbeitsleistungen übertreffen in Solchen bei Weitem diejenigen der Schwachgenährten.

Die äusseren Bedingungen der allmäligen Massenzunahme der Muskeln wurden in 294 geschildert und zugleich erwähnt, dass diese Fleischmastung über einen gewissen Punkt nicht hinausgeführt werden kann. Andererseits hat aber auch die Ab-

nahme des (verhungernden oder kranken) Körpers an Muskulatur und anderen Geweben eine Grenze, jenseits welcher die Funktionen nicht mehr bestehen können. Beide Erscheinungen lassen selbstverständlich keine einfache Erklärung zu, sie hängen von einem Complex unbekannter und bekannter Bedingungen ab, auf deren Erörterung um so weniger eingegangen werden kann, als wir es mit Faktoren zu thun haben, deren Grössenwerthe jeder Berechnung sich vorläufig noch entziehen. Es sei nur hervorgehoben, dass die übermässige Mästung nicht bloss durch eine excessive Steigerung, die Inanition andererseits nicht bloss durch excessive Minderung des Stoffwechsels charakterisirt sind, sondern dass in beiden Fällen Disproportionalitäten der Einzelfunctionen bestehen, die eben den Fortgang der wichtigsten Verrichtungen in der bisherigen Weise unmöglich machen. Bei der Fleischmästung z. B. nimmt wahrscheinlich die Menge der Umsatzprodukte der Muskeln immer mehr zu, nicht aber in gleichem Grade die Menge des zum Umsatz disponibelen Sauerstoffes im Blute, wodurch dem Stoffwechsel eine bestimmte obere Grenze gesetzt wird.

II. Die chemische Constitution der dem Umsatz anheimfallenden Organe und Körperbestandtheile. Ein fleischreiches Thier z. B. setzt mehr Muskelsubstanz, ein fettreiches mehr Fette um (Bischoff und Voit).

III. Die beiden genannten Momente erklären die Variationen des Stoffumsatzes nur zum kleinsten Theil; sie erklären z. B. nicht, warum im Körper der Fleischfresser der Umsatz der Eiweisssubstanzen sehr viel stärker ist, als im Pflanzenfresser, warum Thiere von möglichst gleicher Beschaffenheit bei derselben Kost unter Umständen in sehr verschiedenem Grad an Körperfülle zunehmen, warum die Körpergewichtseinheit des Säuglings einen viel stärkeren Umsatz zeigt, als dieselbe Masse des Erwachsenen u. s. w. Die vitalen Energien der Gewebe und Organe geben somit bei der Bestimmung des Stoffumsatzes nach Quale und Quantum den Hauptausschlag.

Diese „vitalen Energien" sind der Ausdruck einer Summe complexer, im Näheren aber unbekannter Ursachen, die jeder Analyse vorerst unzugänglich sind. Wir unterlassen desshalb, auf die hier sich bietenden, wenn auch noch so plausibelen Möglichkeiten einzugehen, und warnen bloss vor einer Ueberschätzung des Einflusses der Circulationsgeschwindigkeiten und der einem Organ zuströmenden Blutmassen. Die Körpergewichtseinheit des kleinen Thieres erhält allerdings viel mehr Blut als die eines grossen (176); der Umsatz ist aber nicht, oder doch wenigstens nicht ausschliesslich, desshalb grösser, weil mehr Blut zuströmt, sondern es strömt mehr Blut zu, weil der Stoffwechsel intenser, die Energie der Gewebe grösser ist.

300. Gewichte der Einzelorgane.

Viele Untersuchungen über den Stoffwechsel erfordern die Kenntniss dieser Werthe. Bei einem 65250 Gramme schweren, 42jährigen kräftigen Selbstmörder (Erhängten) erhielt Dursy folgende Zahlen:

frisches Skelet . . .	9 753	Gramme,
Muskeln und Sehnen .	35 158	„
Cutis und Fettpolster .	7 404	„

Bestimmungen an anderen Leichen führten Denselben zu folgenden Werthen über einige in den bisherigen Messungen meist nicht angegebene Organe:

Zungenbein	3	Gramme,
Zunge sammt Muskeln	83	„
Speiseröhre	51	„

Magen	202 Gramme,
Dünndarm	780 „
Dickdarm	480 „
Kehlkopf mit Luftröhre u. Bronchien	79 „

Für die übrigen Organe giebt Krause Folgendes an:

Augen	15 Gr.	Milz	246 Gr.
Parotiden	50 „	Nieren	292 „
Submaxillardrüsen	18 „	Nebennieren	11 „
Sublingualdrüsen	1,5 „	Hoden	36 „
Schilddrüse (nach Valentin)	15 „	Nebenhoden	4 „
Lungen	1200 „	Prostata	18 „
Thymus	7 „	Herz	292 „
Leber	1856 „	Rückenmark	36 „
Pankreas	88 „	Hirn	1430 „

Für das Blut (= $^1/_{13}$ des Körpergewichts) sind 5020 Gramme zu setzen. Es bliebe somit noch ein geringes Deficit von 617 Grammen.

Für Netz, Harnblase, Nervenstämme und grosse Gefässe fehlen Wägungen. Der Blutgehalt der Organe hindert — mit Ausnahme der Lunge und Milz — wenigstens die Vergleichbarkeit der Einzelangaben nicht.

Nach einer Zusammenstellung Moleschott's enthalten 1000 Theile Körpergewicht des Menschen etwa: Eiweisskörper 152, Abkömmlinge von Eiweisskörpern 49, Fett 25, Extractivstoffe 6, Salze 92, Wasser 676. Bezold's direkte Bestimmungen ergaben für den Säugethierkörper einen Wassergehalt von 68—71 % und einen Aschenwerth von 4 %.

Dagegen enthalten 1000 Theile zur Resorption kommender Zufuhren folgende Bestandtheile: Eiweisskörper 37, Fette 28, Salze 8, Wasser 824, Amylacea 103. Die täglichen Zufuhrmengen würden somit betragen etwa 1 % der im Körper vorhandenen Eiweisssubstanzen, $^4/_{10}$ der vorräthigen Salze, gegen 6 % des vorhandenen Fettes, etwas über 6 % des Körperwassers; während die Menge der eingeführten Kohlehydrate im Verhältniss zu den im Organismus vorhandenen Repräsentanten dieser Gruppe eine enorme ist.

XVI. Einleitung in die Physiologie der Sinne.

301. Leistungen der Sinne.

Die Sinne unterrichten uns über die Aussenwelt (objektive oder äussere Sinne) und über gewisse Zustände unserer eigenen Leiblichkeit (Gemeingefühle oder innere Sinne). Zur Aufnahme der Eindrücke von Aussen dienen eigenthümliche Werkzeuge, die Sinnorgane. An diesen unterscheidet man den

Sinnesnerven und mehr oder minder zusammengesetzte Hülfswerkzeuge, welche bestimmte äussere Agentien zu den Endausbreitungen des Sinnesnerven leiten.

Dieser Abschnitt geht nur auf die nothwendigsten Vorbegriffe ein; Manches strenge genommen hieher Gehörige kann erst bei den Einzelsinnen oder in dem Abschnitt Psychophysiologie erörtert werden.

302. Grundbedingungen der Empfindungen.

I. Ein äusseres Agens: der Sinnesreiz, die objective Ursache der Empfindung. Ihre Betrachtung ist Aufgabe der Physik. Die Undulationstheorie giebt sich mit Recht der Vorstellung hin, dass das, was wir Licht, Temperatur, Schall nennen, in eigenthümlichen Bewegungen, in nach bestimmten Gesetzen sich wiederholenden, Stössen bestehe. Diese Bewegungen werden fortgeleitet durch die Hülfsapparate des Sinnes. Die Leitung selbst geschieht nach physikalischen Gesetzen, doch beginnt hier die engere Aufgabe der Sinnesphysiologie, weil die Erscheinungen modificirt werden durch besondere Anordnungsweisen der leitenden Medien der Sinnesorgane.

II. Erregung des Sinnesnerven. Der Nerv ist am leichtesten aus seinem Ruhezustand zu bringen an der Peripherie, von wo aus die Veränderungen sich fortpflanzen bis zu dem betreffenden, nicht näher gekannten Centralorgan des Sinnes im Gehirn.

III. Die bewusste Wahrnehmung eines veränderten Zustandes des Sinnesnerven. Die Empfindung in letzter Instanz ist somit ein rein psychischer Vorgang.

Die Sinne, hineingestellt zwischen Körper- und Geisteswelt, bieten ohne Zweifel die zugänglichste Seite für psychologische Studien im Sinne der Naturwissenschaften. Wenn es jemals gelingen sollte, die bisher im besten Falle rein descriptiv verfahrende Psychologie der Philosophen und Physiologen weiter zu führen auf das Gebiet naturwissenschaftlicher Erklärungen, so würde das, wie es scheint, hier am ehesten möglich sein. Die Brücke vom gewöhnlichen materiellen Vorgang bis zur Sinnenempfindung ist aber vorerst schlechterdings nicht herstellbar, obschon letztere zu den anscheinend elementareren Vorgängen des Seelenlebens gehört.

303. Special- und Generalsinne.

Aristoteles unterschied die Sinne in specielle und generelle. I. Der Specialsinn, gebunden an ein bestimmtes Organ, vermittelt Empfindungen von eigener Art und nicht vergleichbar mit denen eines anderen Specialsinnes (Drücke, Temperaturen, Farben, Schalle, Gerüche, Geschmäcke). Ausserdem sind diese Empfindungsformen, ihrem subjektiven Inhalt nach, vollkommen unerklärlich, wir begreifen z. B. die Nothwendigkeit nicht, warum Lichtwellen von dieser Beschaffenheit in uns diese, und nicht jene, Farbe oder überhaupt irgend welche andere Empfindungsqualität veranlassen.

II. Generalsinne. Die Raum- und Zeitwahrnehmungen sind an keine besonderen Sinnorgane geknüpft. Der sog. Raumsinn ist dem Seh- und Tastorgan eigenthümlich; er belehrt uns über die Gestalten und Lagen der Gegenstände. Dieses wird erreicht, indem die Objekte, wenn wir sie sehen, Bildchen

entwerfen auf der Netzhaut des Auges, oder, wenn wir sie betasten, gewissermaassen Abdrücke setzen auf der tastenden Fläche. Conkrete räumliche Anschauungen sind demnach nur möglich durch entsprechende, d. h. räumlich angeordnete Einwirkungen der Sinnesreize auf eine (um den gebräuchlichen, an sich freilich falschen, kurzen Ausdruck zu wählen) mit Raumsinn begabte Fläche. Das Zustandekommen aber des Raumbegriffes wird damit freilich so wenig erklärt, als die Empfindungen des Roth, des Süssen u. s. w. s. 320.

Der bis jetzt bloss beiläufig untersuchte sog. Zeitsinn führt uns zur Unterscheidung auf einander folgender Sinnesreize als zeitlich getrennt von einander, und zwar ist das bei allen Sinnen möglich. Es müssen desshalb Einrichtungen vorhanden sein, vermöge welcher 1) die Dauer der Sinnesempfindung (nahezu) gleichkommt der Dauer der Einwirkung des Sinnesreizes und 2) die zeitlich auf einander folgenden Sinneserregungen in der richtigen Ordnung zum Bewusstsein gelangen.

304. Beschränkung der Sinne.

Die Specialsinne sind beschränkt, d. h. bloss eine gewisse Zahl äusserer Einflüsse veranlasst in uns bestimmte, specifische Empfindungen. Für viele, zum Theil sogar auf unseren Körper sehr mächtig einwirkenden Agentien, z. B. die Feuchtigkeitsgrade und Drücke der Luft, haben wir dagegen keine speciellen Sinnorgane.

Mehr Sinne, ols die vorhandenen, würden weder unsere intellektuelle Kenntniss der Körperwelt wesentlich fördern, noch sonst uns praktisch nützlich sein. Die Warmblüter haben so viele Sinne als der Mensch; es ist unwahrscheinlich (schon nach der Analogie des Organisationsplanes), dass bei ihnen neue Empfindungen vorkommen. Die Sinnesempfindungen der niederen Thiere können, entsprechend ihrem psychischen Zustand, über unbestimmte Gefühle, verworrene Gemeingefühle nicht hinausgehen. Die Sinnes- und Seelenentwicklung läuft somit in der Thierwelt wohl eine Strecke lang einigermaassen parallel; in den höheren Thierklassen aber kann von einer solchen Reciprocität nicht mehr die Rede sein.

305. Physiologische Eintheilung der Sinnesreize.

I. Homologe (adäquate). Für diese ist das Sinnorgang speciell gebaut und der betreffende Nerv an seiner Peripherie besonders empfänglich (Licht und Retina; Schall und Hörnerv). II. Heterologe Reize eines Sinnesnerven sind alle übrigen, welche Empfindungen veranlassen können, z. B. Elektricität, Schlag auf die Retina. Die so entstehenden Empfindungen sind aber ähnlich denen, welche durch die homologen Reize veranlasst werden.

Eine Anzahl Agentien, die gewisse Nerven zu Empfindungen bestimmen, setzen keine Empfindungen in anderen Nerven; das Licht z. B. ist wirkungslos auf die Tastnerven.

306. Specifische Empfindungen.

Nach dem vorhergehenden § verursachen objektiv ganz verschiedene Reize, welche denselben Sinnesnerven treffen, Empfindungen derselben Art, während andererseits derselbe äussere Reiz in verschiedenen Sinnen verschiedene Empfindungen auslöst. Man schreibt desshalb jedem Sinn eine ihm eigenthümliche Energie zu, die an sich unerklärbar, jedenfalls nicht von der Qualität des Nerven selbst abzuleiten ist, sondern von dem nervösen Centralapparat desselben. — Mangelt ein Sinn, so fallen die ihm zukommenden objectiven Empfindungen aus. Der vollständig Taube z. B. vernimmt die stärksten Schalle nicht; wohl aber kann er Schalle indirekt wahrnehmen als Tastempfindungen und z. B. die Erzitterungen des Bodens fühlen, wenn Jemand in das Zimmer tritt. Die gesund gebliebenen Sinne sind also nicht im Stande, die specifischen Wahrnehmungen des fehlenden zu vermitteln, wohl aber können sie zu grösserer Entwickelung kommen, z. B. bei Blinden das Gehör und Getast.

307. Objektive und subjektive Empfindungen.

Die objektiven Empfindungen werden verursacht durch äussere (homologe oder heterologe) Reize; die subjektiven dagegen durch innere, den nervösen Sinnesapparat treffende Reize, z. B. Blutandrang, welche entweder den Empfindungsnerven (in dessen Peripherie oder Verlauf) oder gewisse Parthieen des Gehirns (die Centralorgane des Sinnes) in Erregung versetzen. Die subjektiven Empfindungen sind übrigens, qualitativ genommen, den objektiven vollkommen ähnlich; der Hörnerv z. B. kann keine anderen subjektiven Empfindungen vermitteln als Töne und Schalle. Desshalb fällt uns manchmal die Entscheidung schwer, ob eine Empfindung durch etwas Aeusseres angeregt worden ist oder nicht, und es sind dann förmliche Versuche nöthig, um unser Urtheil festzustellen. Aeussere Schalle z. B. hören wir deutlicher bei einer gewissen Stellung des Ohrs und bei Annäherung an die Schallquelle; sie verschwinden beim Verstopfen des Ohres. Diese Mittel benutzen wir zur Unterscheidung der objektiven und subjektiven Schalle. Nähern wir uns z. B. einem Riechkörper oder vollführen wir willkürliche starke Einathmungen, so gewinnt die Riechempfindung an Deutlichkeit; halten wir den Athem an, so verschwindet sie u. s. w. Hätten wir diese und anderweitige Mittel nicht, so würden wir die Ursachen der Gerüche in uns selbst suchen. Aehnliche Controllen stehen uns bei den übrigen Sinnen zu Gebot.

Die Hülfsmittel zur richtigen Auslegung einer concreten Empfindung, zur Unterscheidung, ob dieselbe einem äusseren Objekte entspricht oder nicht, sind im Allgemeinen folgende: 1) Vergleichung der gegenwärtigen Empfindung mit früher dagewesenen; 2) genaue Berücksichtigung der Umstände, unter denen die Empfindungen stattfinden und 3) förmliche Versuche mit willkürlicher Verstärkung, Schwächung oder Aufhebung der Empfindung.

308. Empfindungen in der ersten Lebenszeit.

Unsere Empfindungen sind anfangs, weil wir keine Kenntniss der Aussenwelt haben, vollkommen beziehungslos. Allmälig aber lernt das Kind unterscheiden sein Ich von der Aussenwelt und gleichen Schritt damit hält der Process der Trennung seiner Empfindungen. Gewisse Empfindungen nämlich lernt es beziehen auf das Aeussere, andere dagegen auf die eigene Leiblichkeit, d. h. es macht auf verschiedenen Wegen und mittelst der mannigfaltigsten Controllmethoden die Erfahrung, dass der einen Empfindung regelmässig ein Aeusseres entspricht, der anderen dagegen nicht. Der psychische Process, welcher diese Unterscheidung des Ichs von der Aussenwelt begleitet, d. h. die Genese des Selbstbewusstseins, ist uns vollständig verborgen; denn wenn wir uns Vorstellungen machen über den Vorgang selbst, so ist er immer nur begreiflich unter der Voraussetzung einer rudimentären, bildungsfähigen Seele, d. h. das wird schon als vorhanden angenommen, was genetisch erst demonstrirt werden sollte. Alle Ueberlegungen führen somit nicht auf den wahren Vorgang selbst, sondern bloss auf die, hier wenigstens ziemlich gleichgültigen, äusseren Bedingungen desselben.

309. Objektivitätsgrade der Empfindungen.

Obschon die Empfindungen zunächst nichts Anderes sind als bewusste Wahrnehmungen veränderter Zustände der nervösen Sinnesapparate selbst, so verlegen wir doch das Empfundene in die Aussenwelt, ja wir fassen sogar die durch das Aeussere in uns verursachten Empfindungszustände auf als objektive Eigenschaften dieses Aeusseren. Guter Geruch ist uns eine Eigenschaft des Veilchens, roth eine solche des Blutes. Die Empfindungen zerfallen aber in diesem Betreff in drei Reihen: 1) Empfindungen höchster Objektivität (Gesicht und Gehör). Wir verlegen dieselben, mit vollständiger Entäusserung unseres empfindenden Ich, ganz ausserhalb unseres Körpers, so zwar, dass nicht im Geringsten die begleitende Vorstellung eines veränderten Zustandes des Sinnesapparates vorhanden ist.

2) Empfindungen mittlerer Objektivität (Druck). Auch diese verlegen wir an den Ort, wo das den Sinn afficirende Objekt wirklich sich befindet; dieser Ort ist aber die Peripherie des Sinnesnerven selbst. Daher kommt es wohl, dass wir diese Empfindungen beziehen sowohl unmittelbar auf Theile unseres Körpers, als auch auf die äusseren Dinge selbst, doch so, dass letztere Empfindungen vorschlagen. 3) Empfindungen geringer Objektivität (Temperaturen, Gerüche, Geschmäcke). Bei diesen haben wir verhältnissmässig am meisten die Empfindungen veränderter Körperzustände. Beim Riechen verlegen wir sogar die Empfindung, rein sinnlich genommen, in die Nase und nur durch die begleitenden Vorstellungen in die Aussenwelt. Diese Sinne sind somit die relativ subjektivsten.

310. Nervenreizung in ihrem Verlauf.

Die Sinnesnerven sind am reizbarsten an ihren peripheren Enden; gewisse homologe Reize sind sogar unwirksam im Verlauf der Nerven, für das Licht z. B. ist nur die Netzhaut empfindlich, nicht aber der Sehnerv. Werden die Nerven in ihrem Verlauf gereizt, so verlegen wir die entsprechenden Empfindungen an die Orte, wohin wir die normalen peripheren Nervenreizungen zu versetzen gewohnt sind. Bei der Amputation schmerzen, wenn die Nervenstämme durchschnitten werden, die von diesen versorgten Hautstellen; eine Reizung des Sehnerven wird als Farbenerscheinung verlegt in das äussere Sehfeld u. s. w. Viele Amputirten haben sogar Jahre lang nach der Operation Empfindungen, zum Theil in Folge von Reizungen der Nervenstümpfe, die sie deutlich in das fehlende Glied versetzen.

311. Qualitative Empfindungen desselben Sinnes.

Jeder Sinn verschafft uns die mannigfaltigsten Empfindungsqualitäten (verschiedene Farben, Gerüche u. s. w.). Die einzelnen Empfindungsqualitäten desselben Sinnes sind, *subjektiv* genommen, in der Regel wenig, oder selbst gar nicht, mit einander vergleichbar; ganz anders aber verhält es sich (wenigstens bei den höheren Sinnen) mit den *objektiven* Ursachen derselben: die verschiedenen Farben unterscheiden sich einfach durch die Schwingungszahlen des Lichtäthers, die Tonhöhen durch die Schwingungszahlen der Tonquellen u. s. w.

Feinheit der Empfindung ist das Vermögen, Sinnesreize, die qualitativ einander sehr nahe stehen, noch unterscheiden zu können, (z. B. zwei nahe liegende Schwingungszahlen als zwei verschiedene Tonhöhen). Dieses Vermögen hat bei allen Sinnen seine Grenzen.

312. Intensität der Empfindungen.

Sie zerfallen in zwei Categorieen: 1) Empfindungem der Generalsinne. Diese, die Raum- und Zeitgrössen, sind überhaupt nur quantitativer Natur, sie haben ausserdem wahre *Multipla*. Die Wachsthümer dieser Empfindungen sind einfach proportional den wachsenden Grössen der empfindungserregenden Objekte; eine Linie von 2 Zollen macht den doppelten räumlichen Eindruck einer Linie von 1 Zoll; ein Zeitintervall von 1/4 Note den doppelten zeitlichen Eindruck von 1/8 Note. 2) Empfindungen der Specialsinne. Die Stärken dieser Empfindungen wachsen mit den Intensitäten der empfindungserregenden Objekte, aber so, dass die Empfindungen *keine* deutlich ausgesprochenen *Multipla* zeigen (*Fechner*), z. B. die verschiedenen Concentrationsgrade eines Geschmackstoffes oder die Grade der Helligkeit.

Die *Schärfe* der Empfindungen wird gemessen durch die Fähigkeit 1) zwei in ihren Stärken möglichst wenig abweichende Reize noch unterscheiden zu können, z. B. zwei nahezu gleich grosse Linien, oder 2) möglichst geringe

Intensitäten der Sinnesreize überhaupt noch wahrnehmen zu können, z. B. einen leisesten Ton. Ist der Reiz schwach, so wächst sogar mit zunehmender Dauer desselben die Deutlichkeit der Empfindung, und erst später tritt eine gewisse Abstumpfung ein, d. h. die Empfindung wird schwächer oder qualitativ verändert. Ist aber der Reiz stark, so kommt der Wendepunkt der Abstumpfung sehr viel früher.

313. Nachempfindungen und Mitempfindungen.

Hört der Reiz auf, so können Nachwirkungen eintreten, z. B. Farbenwahrnehmungen nach Einwirkung stärkerer Lichtgrade. Dieselben sind die Folgen entweder von Gleichgewichtsstörungen im Sinnesnerven selbst, der nicht sogleich zur Ruhe kommt, oder von Veränderungen der zuleitenden Apparate des Sinnesorganes. Die Nachempfindungen, welche wir bei den Einzelsinnnerven näher betrachten, können krankhafter Weise besonders lange andauern.

Das räumliche Analogon der Nachempfindung ist die sog. Mitempfindung: die Ausbreitung der Empfindung über die vom Reiz getroffene Stelle. Diese Ausbreitung betrifft: 1) entweder bloss die nächste Nachbarschaft des primär erregten Bezirkes, z. B. die Irradiationsphänomene des Gesichtssinnes (445); oder 2) eine ausgedehntere Körperstärke, namentlich bei intensen schmerzhaften Reizen (466); der Zahnschmerz z. B. verbreitet sich von einem einzigen kranken Zahn auf eine ganze Zahnreihe. Oder endlich 3) ein entferntes Organ, so dass die Mitempfindung eine qualitativ ganz andere ist. Dem Hören eines schrillen Tones, oder dem Kizel der Fusssohle folgt ein Kältegefühl längs der Rückenhaut. Zu den Mitempfindungen gehören demnach sehr verschiedene und häufig nicht befriedigend analysirbare Ausbreitungsweisen der primären Erregung sensibeler Nervenfasern auf andere sensibele Fasern; immer aber wird die Uebertragung vermittelt, wie bei den Reflexphänomenen überhaupt, durch einen nervösen Centralapparat.

314. Einfluss der Aufmerksamkeit.

Trotz vorhandener Reizung des Sinnesnerven können die Empfindungen ausfallen: 1) bei unterbrochener Leitung zum Gehirn, z. B. Durchschneidung des Nerven; 2) bei getrübtem Bewusstsein (gewisse Hirnkrankheiten u. s. w.); 3) bei Ablenkung der Aufmerksamkeit, z. B. Affekte, Zerstreutsein; oder monotone beständig einwirkende Reize (Tiktak der Uhr z. B.), die wir nicht mehr beachten. Merkwürdig ist, dass auch nicht beachtete Eindrücke nachträglich, mehr oder minder deutlich, zum Bewusstsein kommen können.

Bedingung der vollkommenen Deutlichkeit einer Empfindung ist die vollständige Concentration der Aufmerksamkeit auf dieselbe. Desshalb stören sich entweder zwei gleichzeitige Empfindungen, z. B. des Gesichts und Gehörs, oder wir bevorzugen die eine und vernachlässigen die andere.

315. Intellectueller Werth der Sinne.

Die Sinne allein ermöglichen die Entwickelung unserer psychischen Anlagen; sie belehren das Kind, auf dem Wege langer Erfahrungen, über die Existenz eines Aeussern, dem es das Bewusstsein des eigenen Ich entgegensetzen muss. Alle Empfindungen in der ersten Lebenszeit sind bloss allgemeine, beziehungslose Erregungszustände, die mit denen des bewussten Individuums auch nicht entfernt vergleichbar sind. Fehlen die wichtigsten Sinne, so kommt die psychische Anlage nicht zur Entwickelung. Solche Menschen stehen geistig tiefer als viele Thiere. Obige Anschauung bleibt unberührt von einem alten Streit: unsere Ideen sind weder ausschliesslich erworben durch die Sinne (Sensualismus), noch sind sie angeboren (Idealismus). Angeboren, aber freilich unerklärt, ist bloss die psychische Anlage.

316. Realität der Sinnesempfindungen.

Die Ansicht, dass die concreten Sinnesempfindungen, ja selbst unsere Grundvorstellungen über die Körperwelt, Täuschungen und Trugbilder seien, hat von jeher Vertheidiger gehabt. Sie könnte scheinbar ihre grösste Berechtigung darin finden, dass die Empfindungen in letzter Instanz nichts sind als bewusste Wahrnehmungen veränderter Zustände der Sinnesnerven selbst. Gleichwohl aber sind die Empfindungen wahr.

Was die Specialsinne betrifft, so verursacht dieser Zustand des sog. Lichtäthers in uns die Empfindung einer bestimmten Farbe, diese Schwingungszahl eines tönenden Körpers die Empfindung eines bestimmten Tones, d. h. Sinnesreize und Empfindungsqualitäten sind nicht mit einander vergleichbar, noch können sie bei diesen specifischen Sinnen mit einander irgend vergleichbar sein. Aber die Empfindungsqualitäten an sich sind hier vollkommen gleichgültig, da es nur darauf ankommen kann, dass die Sinnesreize correspondirende und regelmässig wiederkehrende Formen der Empfindungen bedingen, und diese belügen uns nicht.

Anders verhält es sich mit den Empfindungen der Generalsinne. Mit wachsenden Werthen des concreten Räumlichen und Zeitlichen erhalten wir nicht etwa neue Empfindungsqualitäten, sondern wirkliche Multipla der Empfindungen, entsprechend den grösseren Werthen des betrachteten Räumlichen und des wahrgenommenen Zeitlichen. Was aber das Wesentlichste ist, so fallen hier die specifischen Empfindungsformen weg und verschiedene Sinne führen zu denselben Grundanschauungen der Körperwelt. Wir haben nicht die mindeste Ursache, in Abrede zu stellen, dass Gegenständliches und Empfindungen hier mit einander vergleichbar sind.

Man will aber auch die letztere Behauptung, welche eine Physiologie der Sinne mit Nachdruck festhalten muss, bestreiten, unter Hinweisung auf den Widerspruch zwischen der, durch Denk- und Naturgesetze festgestellten Unendlichkeit des Raumes und der Zeit einerseits, und der Endlichkeit des empfundenen oder gedachten kon-

kreten Raumes und der konkreten Zeit andererseits, und aus diesem Widerspruch den Satz ableiten, dass Raum und Zeit als Anschauungen, sowie als Begriffe, blosse subjective Kategorieen unseres Bewusstseins seien. Dagegen ist zu erwiedern: Das Einzelne ist zwar zeitlich und räumlich begrenzt, es hat als solches seinen Anfang und sein Ende; es ist aber nicht entstanden ohne physisch-reale Ursache und hört nicht auf, ohne entsprechende Wirkungen zu hinterlassen; seine Atome sind unveränderlich, ewig und ungeworden. Das Einzelne steht also nicht im Widerspruch mit der zeitlichen und räumlichen Unendlichkeit des Universums, die höchstens für die unmittelbare Sinnlichkeit unfasslich ist, während, vom Standpunkt der mechanischen Grundprincipien der Naturwissenschaften aus, gerade das Gegentheil unbegreiflich und paradox erscheinen müsste.

317. Sinnestäuschungen.

Die Sinnesthätigkeiten, sie mögen angeregt sein von äusseren oder inneren im Körper selbst liegenden Reizen, führen, als vielgliedrige und verwickelte Processe, zu zahlreichen Täuschungen, die übrigens der geistig Gesunde in der Regel als solche zu erkennen vermag. Wir deuten hier bloss die Hauptcategorieen von Sinnestäuschungen an und verweisen wegen des Weitern auf die Einzelsinne. Unsere Eintheilung geht von den drei Grundbedingungen der Empfindung aus.

I. Die Ursache der Täuschung liegt in dem Sinnesreiz. 1) Physikalische Ursachen; z. B. Täuschungen über den Ort einer Schallquelle wegen Reflexion des Schalles; scheinbare Knickung eines in Wasser getauchten Stabes. 2) Pathologische Zustände der zuleitenden Apparate, z. B. eine Trübung der Hornhaut. Die Sinnesreize werden dann auf den Nerven unrichtig übertragen.

II. Die Ursache liegt im Nervenprocess. 1) Die Nachempfindungen und Mitempfindungen führen vielfach zu Täuschungen; z. B. eine im Kreis schnell bewegte feurige Kohle verursacht den Eindruck eines continuirlichen Feuerkreises. 2) Unbekannte Zustände, wahrscheinlich falsche Reaktionsweisen des Sinnesnerven selbst; z. B. gewisse Farben werden von Einzelnen nicht unterschieden.

Viele der, unter I und II genannten Täuschungen sind demnach regelmässige Begleiter unserer Empfindungen und wir haben die letztere desshalb vollständig in Uebereinstimmung gebracht mit den veranlassenden Ursachen. Die Unrichtigkeit der Empfindungsform stört alsdann gewöhnlich nicht, sie ist im Gegentheil eine Bedingung der regelrechten Auffassung des äusseren Dinges.

III. Die Ursache der Sinnestäuschung liegt im psychischen Process, d. h. in einer falschen Auslegung der Empfindung. Hier sind 2 Fälle möglich:

a) Die Empfindung wird veranlasst von Aussen her, aber der objektiv richtige sinnliche Eindruck wird zugleich modificirt, verändert, vergrössert u. s. w. durch Seelenstimmungen. Ursachen dieser Täuschungen, der sog. Illusionen, sind: 1) Mangelnde Erfahrungen über die Aussenwelt; das kleine Kind greift nach einem fernen Gegenstand. 2) Vorgefasste Meinungen, z. B. Gespenstersehen des Abergläubischen. Ein Geräusch z. B. wird vom Kranken als Stimme u. dgl. empfunden. 3) Totale Trübung des Bewusstseins, z. B. Narcotismus, Fieberdelirium, Irrsein.

b) Es ist keine äussere Veranlassung der Empfindung vorhanden. Hieher gehören 1) die subjektiven Sinnesempfindungen (307). Dieselben

werden entweder als solche erkannt, d. h. dass ihnen nichts Aeusseres entspricht, z. B. ein Ohrensausen, Augenflimmern, oder sie werden nicht als solche erkannt und dann in der Regel von der Seele verändert, vergrössert. Dieses ereignet sich wiederum besonders bei getrübtem Bewusstsein; ein Ohrensausen verwandelt sich in Stimmen, ein Flimmern vor den Augen in Gestalten: sog. Hallucinationen. 2) Wenn die normalen sinnlichen Vorstellungen überhaupt begleitet sind gewissermaassen von verblassten sinnlichen Empfindungen, so kann es nicht auffallen, dass solche Vorstellungen, besonders die intensiven und anhaltenden, endlich in vermeintliche Sinnesempfindungen übergehen. Sie sind, wenigstens theoretisch, abzuscheiden von der vorigen Kategorie von Täuschungen, die, als subjektive Empfindungen, von materiellen Erregungszuständen des nervösen Sinnesapparates abhängen. Auch diese Erscheinungen nennt man Hallucinationen (religiöse Visionäre, Besessene, manche Somnambülen; es können selbst eine Anzahl von Menschen gleichzeitige und übereinstimmende derartige Hallucinationen haben). Auch der Traumzustand gehört hieher.

Besonders merkwürdig sind die sehr seltenen sog. Hallucinationen ohne Wahn. Ein geistig Gesunder sieht Gestalten, hört sie sogar reden u. dergl., ohne sie für objektiv und wahr zu halten. Diese Phänomene sind um so auffallender, als sie, wenigstens in einzelnen Fällen, nachgewiesenermaassen nicht durch entsprechende Richtungen der sinnlichen Vorstellungen enttsanden sind.

XVII. Tastsinn.

318. Specialsinne der Tastorgane.

Der Tastsinn (Gefühlssinn) verschafft zweierlei Empfindungen: des Druckes und der Temperatur. Beide sind specifischer Natur; gleichwohl aber haben sie, soviel man bis jetzt weiss, keine gesonderten Nervenfasern und peripheren Organe. Ueber die Centralstellen dieser Empfindungen im Gehirn ist nichts bekannt. Die nachfolgende Darstellung beruht fast ausschliesslich auf den Arbeiten E. H. Weber's, dem dieser Theil der Physiologie seine Begründung verdankt. Mit dem Vermögen, objektive Drücke und Temperaturen wahrzunehmen, sind begabt die allgemeinen Bedeckungen, Mundhöhle, vorderer Eingang und Boden der Nasenhöhle, Schlund und Mastdarmende. Es besteht somit eine bemerkenswerthe Uebereinstimmung hinsichtlich der lokalen Ausbreitung beider Empfindungen. Undeutliche Temperaturempfindungen kommen noch vor in der Speiseröhre. In allen übrigen Theilen des Nahrungsschlauchs fehlt der Druck- und Temperatursinn. Legt man z. B. einem mit einer Darmfistel Behafteten ein Stückchen Eis auf die Schleimhaut des Darms, so tritt keine Kälteempfindung ein. Ebensowenig empfinden wir etwas von den Drücken, welche die, nicht mit Drucksinn begabten Körpertheile, gegenseitig auf einander ausüben.

319. Generalsinne der Tastorgane.

Die Drücke und Temperaturen, welche die Organe des Tastsinnes treffen, erzeugen nicht bloss die entsprechenden specifischen Empfindungen des Druckes und der Temperatur, sondern diese Empfindungen werden von uns ohne Ausnahme verlegt in die betreffenden Körpertheile selbst; die letzteren sind, um den üblich gewordenen kurzen Ausdruck zu brauchen, mit Ortssinn (Raumsinn) begabt. Demgemäss unterscheiden wir auch zwei, im Uebrigen völlig gleiche Eindrücke, welche zwei verschiedene Hautstellen treffen, als gesonderte.

Ausserdem fassen wir zwei, auf das Tastorgan nach einander oder mit einander wirkende Eindrücke entsprechend als zeitlich gesonderte oder als gleichzeitige auf. Die tastende Fläche ist also, sit venia verbo, mit »Zeitsinn« begabt.

320. Schärfe des Raumsinnes.

Der Raumsinn zeigt an den einzelnen Körperstellen sehr verschiedene Grade von Schärfe, die nach E. H. Weber auf zweierlei Weise ermittelt werden. 1) Man berührt die Haut mit einer Stricknadel; der Berührte muss anzeigen, wo die Berührung stattfindet oder wo sie stattfand. Der Irrthum beträgt an den Lippen und Fingerspitzen ½ Par. Linie, am Oberschenkel aber 7 Linien. Oder 2) man setzt die Spitzen eines Zirkels auf die Haut und bestimmt den kleinsten Abstand der Spitzen, bei welchem noch eine zweifache Empfindung vorhanden ist. Um letztere zu erhalten, muss man die Zirkelspitzen entfernen: ½ Linie an der Zungenspitze (dem in diesem Betreff bevorzugtesten Körpertheil), 1 Linie auf der Volarseite des letzten Fingerglieds, dagegen 16—30 Linien auf den am wenigsten begünstigten Hautstrecken, nämlich der Mitte des Oberarmes und Oberschenkels und Rückenhaut. Werden aber die Zirkelspitzen einander mehr genähert, als die genannten Abstände betragen, so entsteht nur eine einzige Empfindung. Die bevorzugteren Hautstellen sind nervenreicher, namentlich aber gehören sie den beweglicheren Körpertheilen an.

E. H. Weber erhielt für die übrigen Hautbezirke folgende Werthe in Linien: 2: rother Theil der Lippen, Volarseite des zweiten Fingergliedes — 3: Dorsalseite des letzten Fingergliedes, Nasenspitze, Volarseite an den Capitulis ossium metacarpi — 4: Rücken der Zunge, 1 Zoll hinter der Spitze in der Mitte; Rand der Zunge; nicht rother Theil der Lippen, am Metacarpus des Daumens — 5: Plantarseite der grossen Zehe am letzten Gliede, Rückenseite des zweiten Gliedes der Finger, Backen, äussere Oberfläche des Augenlids — 6: Mitte des harten Gaumens — 7: Haut auf dem vorderen Theil des Jochbeins, Plantarseite am Mittelfussknochen der grossen Zehe, Rückenseite des ersten Gliedes der Finger — 8: Rückenseite der Capitula ossium metacarpi — 9: Innere Oberfläche der Lippen nahe am Zahnfleisch — 10: Haut am hinteren Theile des Jochbeines, unterer Theil der Stirn, hinterer Theil der Ferse — 12: Behaarter unterer Theil des Hinterhauptes — 14: Handrücken — 15: Hals unter der Kinnlade, Scheitel — 16: Kniescheibe und Umgegend — 18: Kreuz, auf dem m. glutaeus, oberer und unterer Theil des Unterarmes und Unterschenkels, Fussrücken in der Nähe der Zehen — 20: Haut auf dem Brustbein.

Bei der zweifachen Empfindung hat man zugleich ein deutliches Gefühl eines Zwischenraumes zwischen den berührten Hautstellen; während die einfache Empfindung beider Zirkelspitzen selbstverständlich die Wahrnehmung

eines Zwischenraumes ausschliesst, wohl aber unter Umständen die Empfindung eines länglichen Körpers veranlasst. Man kann dann wenigstens angeben, ob die zwei Zirkelspitzen in der Längs- oder Querrichtung u. s. w. des betreffenden Körpertheils liegen. Sind aber beide Eindrücke verschieden, z. B. die eine Zirkelspitze kalt, die andere warm, so fühlt man sie gedoppelt, ohne jedoch über die Stellung derselben etwas aussagen zu können, z. B. welche die obere ist (Czermak).

Besonders entwickelt, und zwar angeblich an allen Körperstellen, ist der Raumsinn bei Blinden, wogegen er abnimmt in Folge starker Dehnungen der Haut, z. B. auf der Bauchhaut Schwangerer (Czermak). Uebung erhöht die Feinheit des Raumsinnes, und zwar an sonst minder bevorzugten Körperstellen verhältnissmässig mehr, als an den feiner tastenden. Wird der Sinn an einer Stelle durch Uebung geschärft, so kommt dieses, nach Volkmann, dem symmetrischen Theil der anderen Körperseite ebenfalls zu gut.

Das Grundfactum, dass ein Eindruck, welcher einen Punkt einer mit Raumsinn begabten Fläche trifft, eine Empfindung setzt, unterscheidbar von dem (objektiv gleichen) Eindruck, der auf einen andern Punkt einer solchen Fläche wirkt, ist sammt den abgeleiteten Thatsachen keiner Erklärung fähig. E. H. Weber verlangt für eine derartige Fläche (Cutis oder Netzhaut des Auges), dass jede Nervenfaser einen bestimmten Bezirk der Fläche versorge, und dass andererseits die centralen Enden der Nervenfasern im Hirn in ähnlicher Ordnung neben einander liegen, wie deren peripheren Enden. Die Entstehung einer Raumanschauung ist durch solche mechanische Einrichtungen freilich nicht erklärt, desshalb hat man (Lotze, Waitz) mit Recht darauf hingewiesen, dass die Raumanschauungen aus Eigenschaften der Seele selbst abgeleitet werden müssen, vermöge welcher diese gezwungen ist, Eindrücke gewisser Art als räumlich gesonderte von einander aufzufassen. Dieser psychologische Theil des Problems ist aber ungelöst, und wir verzichten auf die Darlegung der die Sache nicht wesentlich weiter fördernden Vorstellungen, die man in diesem Betreff aufgestellt hat.

321. Gestaltwahrnehmungen.

Zur Beurtheilung der Gestalten der Gegenstände und deren gegenseitigen Entfernungen haben wir zwei Hülfsmittel:

I. Der Gegenstand kommt in Berührung mit der Haut und setzt gewissermaassen einen Abdruck auf derselben. Die gegenseitigen Lagen und Abstände der berührten Hautstellen sind uns aber genau bekannt; daraus beurtheilen wir unmittelbar die Grösse und Gestalt des Gegenstandes selbst. Das Tastobjekt berührt 1) entweder mit allen seinen Punkten gleichzeitig die Haut, oder 2) die Berührung geschieht successiv, d. h. immer neue Stellen des Objektes kommen in Contact mit neuen Bezirken der Haut. In letzterem Fall ist unser Urtheil oft sicherer, indem der Gang der Vorstellung durch die Wirklichkeit dem Sinn schon vorgeschrieben ist (Tourtual). Die successiven Berührungen dürfen übrigens weder zu schnell, noch zu langsam erfolgen.

II. Wir betasten successiv neue Punkte des Gegenstandes mit derselben Cutisstelle und schliessen aus der Grösse und den Richtungen der von uns vollführten Bewegungen auf die Grösse und Gestalt des Gegenstandes.

Diesen Wahrnehmungen sind übrigens bestimmte Grenzen gesetzt. Ein Kreis von 1½ Linien Durchmesser wird als solcher nur wahrgenommen mit der Zungenspitze, aber nicht mehr mit den Lippen und der Volarfläche der letzten Fingerglieder, wo der Kreisdurchmesser schon 2 Linien betragen muss. Am Bauch ist sogar ein Durchmesser von mehr als 2 Zollen erforderlich, wenn anders die Figur als Kreis soll erkannt werden.

Hinter den Leistungen des Auges, welches z. B. die Flächen eines Sandkornes deutlich wahrnimmt, steht das Getast weit zurück. Bei Blinden ist übrigens der Sinn viel entwickelter; begabte Künstler unter ihnen waren z. B. im Stande, die betasteten Gesichtszüge eines Menschen in Bildnerarbeit treu wirderzugeben.

322. Projection der Tastempfindungen nach Aussen.

Tastempfindungen haben wir an der Oberfläche des Körpers, also da, wo die betreffenden Nerven von den Tastobjekten selbst erregt werden. Unter Umständen aber verlegen wir auch diese Empfindungen nach Aussen und zwar:

1) In nervenlose Theile, welche mit der tastenden Fläche in Berührung stehen. Die Haare leiten Bewegungen, die ihnen mitgetheilt werden, bis zu den empfindlichen Hautstellen, aus denen sie hervorwachsen. Die dadurch bedingten Empfindungen werden aber von uns deutlich verlegt in die, an sich unempfindlichen Haare. Aehnlich verhält es sich mit den Nägeln und Zahnkronen.

Oder 2) wir verlegen die Empfindungen an das Ende eines mit der Haut in Berührung kommenden fremden Körpers. Stemmt man z. B. ein Stäbchen mittelst eines Fingers, der auf das obere Ende des Stäbchens gesetzt wird, gegen einen Tisch, so entstehen, namentlich wenn der Finger Bewegungen vollführt, zwei Empfindungen, und zwar die eine da, wo der Finger das Stäbchen berührt, die zweite am unteren Ende des Stäbchens; wir fühlen also mit vollkommener Deutlichkeit den Tisch selbst. Darauf beruht die Anwendung der Sonde in der Medicin.

323. Täuschungen des Raumsinnes.

Streicht man die Spitzen eines geöffneten Zirkels mit einer gewissen Geschwindigkeit über eine längere Hautstrecke, so scheinen die Spitzen immer mehr auseinander zu weichen, wenn sie successiv in Bezirke feineren Raumsinnes übergehen (z. B. vom Ohr gegen die Lippen). Wird der Zirkel in umgekehrter Richtung bewegt, so haben wir die Empfindung, als ob die Abstände beider Spitzen immer mehr abnähmen.

Betastet man einen Körper, z. B. eine Kugel, ohne denselben zu sehen, mit Stäben von verschiedener Länge, indem man mittelst derselben die Peripherie des Körpers umgeht, so ist bei langen Stäben der Winkel viel kleiner, den man zu beschreiben hat, um den Umfang des Körpers zu umgehen; letzterer wird desshalb als kleiner aufgefasst (Tourtual).

Allbekannt ist ein Fall von Doppelfühlen: kreuzt man zwei Finger

und rollt zwischen denselben eine kleine Kugel, so erscheint diese deutlich doppelt. Bei der gewöhnlichen Lage der Finger haben wir das Gefühl zweier, mit ihren Concavitäten einander zugewandten Kugelsegmente, die wir zu einer einzigen Kugel ergänzen. Bei der Kreuzung aber werden die beiden Kugelflächen betastet von zwei, sonst von einander abgewandten Seiten der Finger; man fühlt zwei Kugelflächen, deren Convexitäten einander zugekehrt sind, und kann diese Empfindungen nicht zu einer einzigen verschmelzen.

Drücken wir einen Stab zugleich an die Ober- und Unterlippe, so fühlen wir ihn als gerade; verschieben wir aber eine Lippe seitlich, oder noch besser beide in entgegengesetztem Sinne, so kommt uns der Stab gebrochen vor (Czermak). Diese Täuschung verschwindet vor dem Spiegel.

Merkwürdig sind die Empfindungen auf transplantirten Hautlappen, z. B. beim künstlichen Nasenersatz (Dieffenbach, J. Müller, W. Busch). Die verloren gegangene Nase wird aus der Stirnhaut gebildet und zwar so, dass Anfangs eine Hautbrücke an der Nasenwurzel gelassen wird. Enthält diese Brücke noch undurchschnittene Nervenfädchen (Zweigchen des Ramus supratrochlearis oder der Rami frontales des Stirnastes des N. trigeminus), so verlegt der Kranke alle Eindrücke, welche die neue Nase treffen, an den früheren Ort in die Stirn. In einzelnen Fällen bestand diese Täuschung selbst mehrere Monate hindurch nach der Operation. Es ist nicht angegeben, ob sie corrigirbar ist durch den Gesichtssinn.

Fehlt, was fast immer der Fall ist, die Nervenbrücke, so hat der Kranke natürlich keine Empfindung in seiner neuen Nase. Erst nach einigen Monaten stellt sich von den Wundrändern aus die Empfindung und zwar mit richtiger Localisation nach und nach ein, offenbar dadurch, dass von der Wangenhaut (vom N. infraorbitalis aus) Nerven durch die Narbe wachsen und die neue Nase mit Zweigchen versehen (Busch).

324. Druckempfindungen.

Der Druck, welchen äussere Objekte auf uns ausüben, wird entweder direkt geschätzt mittelst specifischer Tastempfindungen (Druck) oder indirekt mit Hülfe von Muskelgefühlen. Wir erschliessen nämlich die Grösse des Druckes (Gewichts) aus der Muskelanstrengung, die gemacht werden muss, um dem Objekt Widerstand zu leisten, oder um dasselbe zu heben. Die nämlichen Hülfsmittel dienen zur Wahrnehmung von Druckunterschieden. Man beschwert z. B. beide, auf einer Unterlage ruhenden Hände mit Gewichten, oder noch besser, man legt zwei Gewichte nach einander auf die Hand. In letzterem Fall konnte E. H. Weber nach $1/4$—$1/2$ Minute $14\frac{1}{2}$ Unzen von 15 noch unterscheiden. Etwas feiner sind die Leistungen des Muskelgefühls; die Gewichte werden auf die Hand gelegt, während wir zugleich Bewegungen mit der Hand vollführen. Zunahme des Druckes wird leichter wahrgenommen als Abnahme (Panum und Dohrn). Der Drucksinn zeigt in den verschiedenen Bezirken der Haut geringere Unterschiede seiner Feinheit als der Raumsinn.

325. Nachempfindungen des Drucksinnes.

Nach Beseitigung von Tastobjekten, welche längere Zeit mit der Haut in Berührung waren, z. B. Ringe, Brillen, können in Form entsprechender Empfindungen Nachempfindungen selbst Tage lang fortbestehen. Dieselben hängen von dem nunmehr veränderten Zustand der Haut ausschliesslich ab.

Ungleich merkwürdiger ist die Summirung der Nachwirkungen zahlreicher, schnell auf einander folgender Tasteindrücke zu einer Gesammtempfindung. Valentin bediente sich einer drehbaren runden Scheibe, deren Rand mit einer Anzahl gleich grosser und gleich weit von einander abstehender Zähne versehen war. Beim Drehen der Scheibe bekommt die Haut zwei, regelmässig abwechselnde und deutlich ungleiche Tastempfindungen der Berührung und der Pause. Es konnten in der Sekunde etwa 640 Einzeleindrücke als gesondert wahrgenommen werden. Wurde aber die Scheibe noch schneller gedreht, so entstanden Empfindungen, die minder ungleich waren und von Valentin successiv als rauh, wollig u. s. w. bezeichnet werden. Sehr schnelle Drehungen dagegen bedingten durchaus gleichförmige Empfindungen, die mit dem Glatten oder in den höheren Graden dem Polirten verglichen wurden. Diese Gleichförmigkeit wird früher erreicht an Hautbezirken mit dünnerer Epidermis oder geringerem Ortsinn, namentlich auch an erkälteten oder mit gewissen Stoffen, z. B. verdünntem Weingeist, eingeriebenen Hautstellen.

326. Temperaturempfindungen.

Nur innerhalb ziemlich enger Grenzen haben wir wirkliche Temperaturempfindungen, jenseits derselben dagegen Schmerzen. Wasser von etwa 55° C. erscheint uns bereits nicht mehr warm, sondern wir fühlen ein leises Brennen; dessgleichen hört schon wenige Grade über dem Nullpunkt die Kältesensation auf und wir empfinden Schmerzen.

Temperaturempfindungen entstehen unter zweierlei Bedingungen:

1) Temperaturänderungen der Haut. Kommt ein Körper, welcher dieselbe Temperatur besitzt wie die Haut, mit dieser in Berührung, so erscheint er uns weder warm noch kalt; dieses ist aber sogleich der Fall, wenn der Körper unsere Haut durch Zuleitung von Wärme höher temperirt, oder wenn er sie, durch Wärmeentziehung, abkühlt. Beides muss übrigens mit einer gewissen Geschwindigkeit erfolgen. Während dieser Aenderungen empfinden wir Kälte oder Wärme.

2) Wärmetransmissionen der Haut. Ist ein Beharrungszustand eingetreten, gibt also die Haut z. B. soviel Wärme ab, als ihr in gleicher Zeit von innen her zugeführt wird, mit andern Worten: bleibt die Temperatur der Haut constant, so haben wir keine oder nur sehr schwache Temperaturempfindungen, wie denn bekanntermaassen die verschieden temperirte Haut der Wangen Hände, Füsse u. s. w. in uns gewöhnlich keine Temperatursensationen erweckt.

Sind aber die in einer bestimmten Zeit nach Aussen abgegebenen oder von da aufgenommenen Wärmemengen verhältnissmässig bedeutend, dann haben wir allerdings anhaltend das Gefühl von Kälte oder von Hitze. Wir haben demnach objective Temperaturgefühle nicht bloss bei Veränderungen der Hauttemperatur, sondern auch, was häufig verkannt wird, beim Durchgang bedeutenderer Wärmemengen durch die Haut.

Nach E. H. Weber sind Temperaturunterschiede von $1/5$—$1/6$ ° R. bei sehr grosser Aufmerksamkeit noch erkennbar. Am bevorzugtesten sind hier Zungenspitze, Gesichtshaut und Finger; die einzelnen Hautstellen unterscheiden sich übrigens in der Feinheit des Temperatursinnes bei weitem nicht in dem Grade, wie bezüglich des Raumsinnes. Durch Eintauchen der Hand in Wasser von einigen 50 ° wird die Fähigkeit, Temperaturen wahrzunehmen, vorübergehend beeinträchtigt.

E. H. Weber stellte diese Vergleichungen entweder gleichzeitig an (z. B. durch Eintauchen beider Hände in die respectiven, nahezu gleich temperirten Flüssigkeiten), oder nach einander (indem er dieselbe Hand abwechselnd in die beiden Flüssigkeiten einbrachte). Bei der ersten Methode stören sich die gleichzeitigen Empfindungen etwas; auch fühlt auffallenderweise die rechte Hand etwas wärmer als die linke. Bei der zweiten Methode sind dagegen Abkühlungsfehler kaum vermeidbar; um wenigstens die Verdunstungsabkühlung zu umgehen, würde dem Quecksilber der Vorzug vor dem Wasser zu geben sein.

327. Temperaturtäuschungen.

Ist eine Hautstelle durch Eintauchen in nieder temperirtes Wasser, z. B. von 10°, abgekühlt worden, so empfindet man beim Einbringen derselben in Wasser von z. B. 16° einige Sekunden hindurch Wärme, d. h. so lange, als die Hauttemperatur zunimmt; dann erst folgt anhaltendes Kältegefühl. Die jeweilige Temperatur der Haut veranlasst also falsche Beurtheilungen der objectiven Temperatur. Schnelle Temperaturänderungen der Haut bedingen intensivere Empfindungen. Kalte Körper, welche die Wärme gut leiten, wie Metalle, halten wir für viel kälter als andere gleichkalte, welche, wie z. B. Holz, schlechte Wärmeleiter sind. Die Hand empfindet Brennen bei Luft von 120°, Holz von 80°, Quecksilber von 50°. Kleine Hautstrecken verursachen schwächere Temperatureindrücke als grössere. Taucht man z. B. einen Finger in Wasser von 32 ° R., die ganze Hand dagegen in solches von $29\frac{1}{2}$ °, so erscheint letzteres gleichwohl wärmer (E. H. Weber).

328. Gegenseitige Berührung zweier Tastorgane.

Kommen zwei gleichwarme Hautstellen mit einander in Berührung, so erlangt die mit feinerem Raumsinn begabte das Uebergewicht, d. h. sie tastet die minder bevorzugte Stelle. Der Finger z. B. fühlt die Stirn; die reciproke Tastempfindung der Stirn fällt dagegen aus. Umgekehrt aber verhält es sich, wenn die feiner tastenden Stellen mit einer gewissen Schnelligkeit bewegt werden über die minder bevorzugten.

Bringen wir zwei Hautbezirke von verschiedener Temperatur in Berüh-

rung, so entstehen bloss zwei Empfindungen: a tastet b, während b die Temperatur von a empfindet (E. H. Weber). Legt man z. B. die Hand auf die Stirn, so empfindet die Stirn die Wärme der Hand, die Hand aber tastet die Stirn. Dagegen fallen aus: das Fühlen der Hand durch die Stirn und die Empfindung der Kälte der Stirn durch die Hand. Zur durchgreifenden Erklärung sind die Versuche noch nicht gehörig variirt; in dem ausgebildeten Raumsinn der Hand gegenüber der Haut liegt jedenfalls ein Erklärungsgrund.

Reizung der dem Temperatur- und Drucksinn dienenden Nerven in ihrem Verlauf durch objective Temperaturen und Drücke vermittelt keine entsprechenden Empfindungen, sondern Schmerzen. Nach Zerstörung einer Hautstelle sind Temperatursensationen nicht mehr möglich. Es dürften demnach besondere Vorrichtungen vorhanden sein für die regelrechte Zuleitung der Drücke und Temperaturen zur Peripherie der sensibeln Nerven; die betreffenden Organe sind aber noch unbekannt Die speciellen Leistungen der Epidermis, der Hautpapillen (viele derselben sind sogar nervenlos), der von Meissner und Wagner beschriebenen sog. Tastkörperchen und der, mit letztern verwandten, von W. Krause entdeckten kolbenförmigen Endkörperchen sensibeler Nerven sind noch nicht aufgeklärt. Schon das auf bestimmte Cutis- und Schleimhautstellen beschränkte Vorkommen der „Tastkörperchen“ erlaubt keine, über das blosse Hypothetische hinausgehende, Vorstellungen über deren physiologische Beziehungen.

XVIII. Hören.

329. Vorbemerkungen.

Die äusseren Ursachen der Hörempfindungen, die objektiven Schalle, bestehen in eigenthümlichen oscillirenden Bewegungen der Schallquellen. Befähigt zu solchen Bewegungen sind Körper von allen drei Aggregatzuständen, also Wasser und Luft (die Medien, in welchen Thiere leben und aus welchen sie hören) und viele feste Körper, insofern sie die erforderlichen elastischen Eigenschaften besitzen. Man unterscheidet zwei Hauptformen von Hörempfindungen, denen bestimmte Zustände der Schallquellen selbst entsprechen: 1) Töne, die Folgen regelmässig wiederkehrender, relativ einfacher Bewegungen der Schallquellen, mit andern Worten periodisch auf einander folgender Stösse. 2) Geräusche: Bewegungen von verwickelterer Natur; wir wollen sie vorerst als Stösse bezeichnen, die unregelmässig und nach keinem bestimmten Periodicitätsgesetz auf einander folgen. Die Schalle (Knalle) sind charakterisirt durch eine plötzliche, schnell vorübergehende Erschütterung, der keine oder nur unmerkliche weiteren Erschütterungen nachfolgen.

Die wesentlichsten Theile des akustischen Apparates sind der Hörnerve sammt den unbekannten Centren des Sinnes im Gehirn; sie vermitteln die specifischen Schallempfindungen. Die accessorischen Theile (äusseres und mittleres Ohr, sowie die nicht nervösen Organe des inneren Ohres) dienen als

Zuleitungsapparate des Schalles überhaupt, sowie als Verstärkungs- oder Dämpfungsmittel der Schalle insbesondere.

A. Grundformen der Tonschwingungen.

330. Fortschreitende Schwingung der Lufttheilchen.

Wirkt ein Stoss auf eine Luftmasse, so kommt diese, wegen der Elasticität der Theilchen, nicht gleichzeitig in Bewegung, sondern der Stoss pflanzt sich von Schicht zu Schicht mit endlicher Geschwindigkeit weiter, mit einem Wort: es schreitet eine Welle durch die Luft. Die Propagation der Schallwellen erfolgt in allen Medien nach denselben Grundnormen; wir beschränken uns zunächst auf die Luft.

Im Ruhezustand zeigen die Lufttheilchen I, II, III u. s. w. (Horizontallinie A Fig. 53) gleiche Abstände von einander. Wir zerlegen, wie bei den Pulswellen, den, die Luft treffenden Stoss in eine beliebige Zahl Einzelstösse von gleicher Dauer, aber anfangs zunehmender, dann abnehmender Stärke (Geschwindigkeit), der Einfachheit wegen bloss in 3.

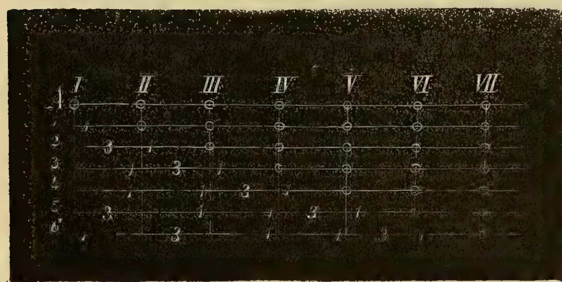


Fig. 53.

Moment 1: Erster Stoss vorwärts (Fig. 53, horizontale Linie 1.), Theilchen I ist in der ersten Phase der Vorwärtsbewegung mit der relativen Geschwindigkeit 1; alle übrigen Theilchen sind noch ruhig (die Geschwindigkeiten sind in der Figur durch Zahlen ausgedrückt). *Moment 2* (Linie 2). Zweiter stärkerer Stoss. Theilchen I erhält in dieser, seiner zweiten Phase, die (Maximal-) Geschwindigkeit 3; Theilchen II kommt, mit Geschwindigkeit 1, in seine erste Phase; alle übrigen Theilchen, III u. s. w., sind noch ruhig. *Moment 3:* dritter, aber schwächerer Stoss, von der Stärke des ersten. I in seiner dritten Phase hat die Geschwindigkeit 1, II die Maximalgeschwindigkeit 3, III die Geschwindigkeit 1 der ersten Phase, IV u. s. w. sind noch ruhig. Im Moment 3 sind also die Theilchen (Luftschichten) I, II u. III verdichtet, d. h. in der sog. positiven Phase; das Dichtigkeitsmaximum ist in dem, am weitesten aus seiner Ruhelage vorwärtsgerückten Theilchen I, das Geschwindigkeitsmaximum aber in II.

Der Stoss soll bewirkt worden sein etwa durch schnelles Vorwärtsbewegen eines Kolbens gegen eine, in einer Röhre eingeschlossene Luftsäule. Vom vierten Moment an soll der Kolben wieder zurückgehen und zwar ebenfalls anfangs mit wachsender, dann mit abnehmender Geschwindigkeit; am Ende des Rückganges

stehe der Kolben an seinem früheren Ort. *Moment 4* (Horizontallinie 4): Erste negative Phase, d. h. Rückwärtsbewegung von Theilchen I mit Geschwindigkeit 1; letzte positive Phase von II; zweite positive Phase (Maximalgeschwindigkeit vorwärts) von III; erste positive Phase von IV......... *Moment 6* (Linie 6): letzte negative Phase von I, Maximum der Rückwärtsbewegung von II, erste negative Phase von III. Diese Schichten III — I sind in Verdünnung begriffen, die Theilchen IV, V und VI sind der Reihe nach in der dritten, zweiten und ersten positiven Phase; VII ist noch ruhig. Die Bewegung hat sich also, während Theilchen I einen Hin- und Hergang (ganze Schwingung) vollbrachte, fortgepflanzt durch die Strecke I bis VI; diese Strecke stellt demnach die Wellenlänge dar. Verbleibt es bei einem einzigen Stoss, so verharren die Theilchen, nachdem jedes eine Schwingung vollendet hat, ruhig, während der Reihe nach immer entferntere Schichten an der Bewegung Theil nehmen; daher die Bezeichnung: fortschreitende Schwingung (eigentliche Wellenbewegung).

331. Verdichtungs- und Beugungswellen.

I. Bei den soeben betrachteten Schallschwingungen der Luft finden kleine Näherungen und Entfernungen der Massentheilchen, also Verdichtungen und Verdünnungen des schwingenden Körpers statt; daher der Name: Verdichtungs- und Verdünnungswellen. Solche können auch in festen Körpern vorkommen, vorausgesetzt dass dieselben die gehörige Elasticität haben. Die schwingenden Theilchen bewegen sich in der Richtung, in welcher die Welle im schwingenden Medium fortgepflanzt wird, daher auch die von Chladni gebrauchte Bezeichnung Längswellen (Längsschwingungen).

II. Bei den Beugungswellen finden bloss Verschiebungen der Theilchen statt; die gegenseitigen Abstände der Theilchen bleiben sich gleich. Die Dichtigkeit des schwingenden Mediums wird also nicht verändert und der Stoss, wenn er sich fortpflanzt, bewirkt bloss eine Ausbeugung des Körpers. Das anschaulichste Schema dieser Wellen ist folgendes: ein unausdehnbarer aber leicht biegsamer Faden sei mit dem einen Ende befestigt, mit dem andern aber über eine Rolle gespannt. Wird der Faden an irgend einer Stelle gestossen, so entsteht eine Ausbeugung; der Faden aber ist vollkommen unausdehnbar, also muss sich ein der Ausbeugung entsprechender Theil desselben über die Rolle heraufziehen. Die Ausbeugung schreitet aber weiter, d. h. der Faden nimmt successiv andere Formen an; seine Theilchen schwingen senkrecht zur Fortpflanzungsrichtung der Wellen; daher der Name Transversalwellen.

III. Sehr häufig bestehen die Tonschwingungen fester Körper in Verdichtungs- und Beugungswellen zugleich: der schwingende Körper ändert seine Form und seine Massentheilchen ihre proportionalen Abstände.

332. Graphische Versinnlichung der Tonschwingungen.

Man repräsentirt die Phasen der Bewegung, welche ein Theilchen im Verlauf einer Schwingung allmälig durchmacht, in folgender Weise. Die Kreislinie, Fig. 54, drückt die Zeitdauer einer ganzen Schwingung aus, 1 Grad beträgt also $\frac{1}{360}$ der Schwingungszeit. Quadrant I, als erstes Viertel der Schwingungszeit, stellt die Phase successiv wachsender, II die Phase successiv abnehmender Vorwärtsbewegung dar; III die Phase wachsender, IV diejenige abnehmender Rückwärtsbewegung. Die von einem beliebigen Punkt der Kreislinie auf die Horizontale 4—2 errichtete Senkrechte drückt die relative Geschwindigkeit aus in dem entsprechenden Augenblick der Schwingung und zwar die Senkrechten über der Horizontalen die Vorwärtsgeschwindigkeiten, die Senkrechten unter der Horizontalen die Rückwärtsgeschwindigkeiten. Also ist in 4 die Geschwindigkeit Null; in 1 (¼ der ganzen Schwingungszeit) im Maximum vorwärts; in 2 Null, in 3 im Maximum rückwärts; nach vollendetem erstem Achtel der Schwingungszeit ist die Geschwindigkeit ausgedrückt durch die Senkrechte *a*.

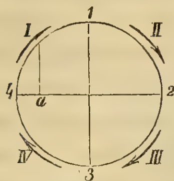


Fig. 54.

Für andere Zwecke repräsentirt man die Dauer einer Schwingung durch die Horizontale *a c* (Fig. 55) von beliebiger Länge, theilt diese in eine Anzahl gleicher Theile, und trägt die Geschwindigkeiten aus Fig. 54 auf *a c*. Verbindet man die Geschwindigkeiten, so erhält man eine Curve, welche wiederum für jedes Zeitmoment der Schwingung Richtung und Stärke der Bewegung des schwingenden Lufttheilchens, mit andern Worten, den Grad der Verdichtung oder Verdünnung angibt. Die Curve über *a c* stellt die positive, die unter *a c* die negative Phase einer ganzen Schwingung dar.

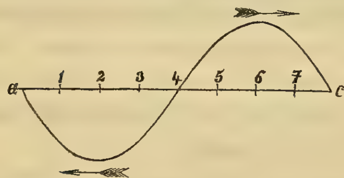


Fig. 55.

Bezeichnet dagegen *a c* die Wellenlänge, so dient Figur 55 zur Darstellung des Bewegungszustandes der einzelnen Molekeln, welche an der Bildung einer Welle theilnehmen. Der Berg 4—*c* stellt den positiven, das Thal 4—*a* den negativen Theil der Welle dar.

333. Erste Art der stehenden Schwingung.

Bei der fortschreitenden Schwingung wird den Theilchen die Bewegung nur von einer Seite, von wo aus die Wellen herkommen, mitgetheilt; anders verhält es sich bei der zweiten Hauptform von Schwingungen, der von W. und E. H. Weber sogenannten stehenden Schwingung. Wird z. B. eine Saite aus ihrer Ruhelage *a a*, Fig. 56, in die Lage *b* gebracht und dann losgelassen, so bewegt sie sich der Gleichgewichtslage zu, erreicht in letzterer angekommen das Maximum der Geschwindigkeit und

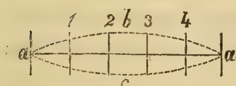


Fig. 56.

schwingt dann mit abnehmender Schnelligkeit weiter, um von der Lage *c* an, wo ihre Bewegung Null wird, wieder nach *b* zurückzugehen u. s. w. Dabei nehmen die Elongationen von dem mittleren Theil der Saite gegen die beiden Befestigungspunkte hin allmälig ab. Die Saite bietet die Grundcharaktere der stehenden Schwingung, nämlich: 1) die Schwingungen kehren regelmässig wieder und 2) alle Theilchen der Masse haben gleichzeitig ein gleichgrosses Bestreben, sich ihrer Ruhelage abwechselnd zu nähern und aus derselben zu entfernen. Diese Schwingungen der Saite zeigen aber auch Unterschiede von anderen stehenden Schwingungen; nämlich 1) alle Theilchen 1, 2, 3 u. s. w. der schwingenden Masse befinden sich gleichzeitig entweder auf der einen, oder der andern Seite der Gleichgewichtslage, 2) sie kommen gleichzeitig in Schwingung und erreichen 3) gleichzeitig das Maximum ihrer Geschwindigkeit u. s. w., überhaupt alle Theilchen der Masse befinden sich zu jeder Zeit einer Schwingung in derselben Schwingungsphase.

334. Zweite Art der stehenden Schwingung.

Eine zweite Bildungsweise stehender Schwingungen ist die, dass die Wellen, an der Grenze des Mediums angelangt, zurückgeworfen werden, während das Medium immer wieder von neuen, direkt erregten Wellen durchzogen wird.

Eine eingeschlossene Luftsäule werde von ihrem einen Ende aus in Schwingungen versetzt, z. B. durch schnelle Bewegungen eines Kolbens von *a* aus, Figur 57, in der Richtung gegen *A* und wieder zurück. Am Ende der ersten Kolbenbewegung (also eines verdichtenden und verdünnenden Stosses) sei die Wirkung fortgepflanzt durch Raum I, der somit die Wellenlänge darstellt; der Vordertheil der Welle ist positiv, der Hintertheil negativ. Sogleich nach Beendigung des ersten Stosses folge ein genau gleicher zweiter u. s. w. Am Ende des dritten Stosses ist der Vordertheil der Welle 1 (die erregt wurde während des ersten Stosses) angelangt an der reflektirenden Wand 1; die Welle muss demnach im Verlauf des vierten Stosses zurückgeworfen werden und am Ende des letzteren genau den Raum III wieder einnehmen. Die direkten Wellen sind in der Figur ausgezeichnet, die reflektirten punktirt gegeben. Am Ende des sechsten Stosses ist die reflektirte Welle 1 zurückgelangt im Raum I, wo sie sich mit der direkten Welle 6 kreuzt; in II kreuzen sich die reflektirte 2 und die direkte 5, in III die reflektirte 3 und direkte 4. Ein analoger Zustand ist vorhanden am Ende des 7. und 8. und aller folgenden Stösse. Beide Wellensysteme gehen demnach, als in entgegengesetzten Richtungen fortschreitende Wellen, durch einander hindurch, ohne sich zu stören. Diese beständige Kreuzung der reflektirten und der direkt erregten Wellen bewirkt aber eine resultirende Schwingungsform, nämlich eine Verwandlung der fortschreitenden Schwingung in eine stehende.

Wir haben im Folgenden den Verlauf einer stehenden Schwingung näher zu erörtern; die Hauptpunkte, um die es sich handelt, sind: 1) die wechselnden

Bewegungsrichtungen und Geschwindigkeiten und 2) die wechselnden Dichtigkeitsänderungen der Theilchen und zwar an jeder beliebigen Stelle des schwingenden Mediums und in jedem beliebigen Zeitmoment einer Schwingung.

335. Bewegungsänderungen im Verlauf einer stehenden Schwingung.

Zur deutlichen Bezeichnung des jeweiligen Zeitpunktes der Schwingung ist in Figur 57 das Wellenstück, welches im Verlauf des Stosses (der Schwingung) bereits reflektirt worden ist, auch links von der Wand 1, als fortgeschrittene direkte Welle, punktirt dargestellt. Bezüglich der Construktion der zurückgeworfenen Wellen ist nur festzuhalten, dass die Theilchen nach der Zurückwerfung eine Richtung haben entgegengesetzt der Richtung vor ihrem Anprallen auf die Wand 1; die Berge (Vorwärts bewegungen) werden demnach Thäler (Rückwärtsbewegungen) und umgekehrt; das erste Drittel eines Berges wird durch die Reflexion letztes Drittel eines Thales u. s. w.

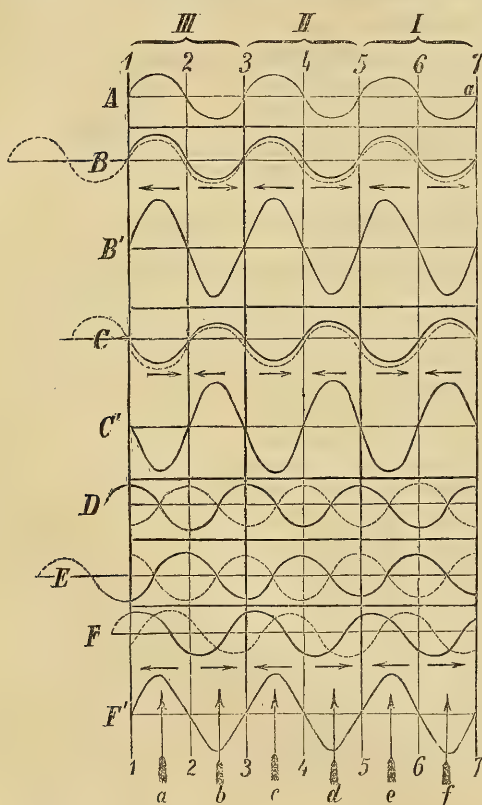


Fig. 57.

Die Hauptwendepunkte einer stehenden Schwingung (einfacher Art) sind Anfang (resp. Ende), vollendetes erstes, zweites und drittes Viertel einer Schwingungsdauer.

In der Mitte eines Stosses, also nach vollendeter halber Schwingung (Fig. 57 C), ist ein Wellenberg eben vollständig reflektirt; er legt sich in der linken Hälfte des Raumes III über das noch nicht reflektirte, Thal derselben Welle. In beiden Systemen zeigen die Theilchen nicht bloss dieselbe Bewegungsrichtung (sie entfernen sich von der Wand 1), sondern es haben auch jeweils die über einander liegenden Punkte beider Wellenabschnitte dieselben Geschwindigkeiten; die Geschwindigkeiten addiren sich desshalb zur doppelten Rückwärtsgeschwindigkeit. Die resultirende Schwingungsform in diesem Moment ist dargestellt in C′. Die linken Hälften der Räume II und I bieten denselben

Bewegungszustand, d. h. vollständige Deckungen von gleichtiefen Thälern. In den rechten Hälften von III, II und I dagegen decken sich je die Berge; daher als Resultirende doppelt so grosse Berge (doppelte Vorwärtsgeschwindigkeiten).

Nach Ablauf einer Schwingung, resp. im Beginn einer neuen, legen sich, wie B zeigt, beide Wellensysteme wiederum mit je ihren gleichnamigen Theilen über einander, aber mit dem Unterschied, dass das, was nach 1/2 Schwingung in der rechten Hälfte der Räume I, II, III geschah, nunmehr in der linken Hälfte dieser Räume erfolgt, und umgekehrt, wie die Vergleichung der jetzigen resultirenden Schwingungsform B′ mit der früheren C′ ergiebt.

Am Ende des ersten Zeitviertels eines Stosses ist die Vorderhälfte eines Berges reflektirt, also verwandelt in die Hinterhälfte eines Thales. Die reflektirte Welle, s. D, nimmt demnach 1/4 des Raumes III ein. In derselben Zeit sind aber auch die, während der vorhergegangenen Stösse reflektirten Wellen nach rechts um 1/4 Wellenlänge fortgeschritten, und um den gleichen Raum die direkten Wellen nach links. Es legen sich also die Berge der direkten Wellen genau über die Thäler der reflektirten, und umgekehrt; die Bewegung hört in diesem Moment auf und zwar in der ganzen schwingenden Luftsäule.

Analoge Verhältnisse kehren wieder, wie E zeigt, nach drei Viertheilen eines Stosses, nur mit dem Unterschiede, dass die Berge und Thäler der direkten und reflektirten Wellen ihre Stellungen gewechselt haben.

Es reicht hin, wenn bloss noch irgend ein Zeitmoment ausser diesen 4 Wendepunkten hervorgehoben wird; z. B. das vollendete erste Achtel einer Schwingung. Dann ist, s. F, 1/4 eines Berges seit Beginn des Stosses zurückgeworfen, die resultirende Form ist in F′ verzeichnet. Dieser Zeitpunkt liegt also zwischen dem Anfang B′ und dem Ende D des ersten Viertels, die Theilchen haben geringere Geschwindigkeiten, d. h. die Curven sind minder hoch als in B′.

336. Knoten und Bäuche der stehenden Schwingungen.

Die Figur 57 zeigt, dass es in den, in stehenden Tonschwingungen (der zweiten Art) begriffenen Medien bestimmte Stellen: die sog. Schwingungsknoten gibt, wo die Kreuzung der direkten und reflektirten Wellen so erfolgt, dass die Theilchen daselbst beständig ruhig bleiben. Knoten kommen vor 1) in der, die reflektirende Wand unmittelbar begrenzenden Luftschicht 1, und 2) in allen Schichten, die um 1/2, 1, 1 1/2 u. s. w. Wellenlängen von der Wand entfernt liegen (die mit 2, 3, 4, 5 u. s. w. bezeichneten, der Wand parallelen, Linien von Fig. 57). Die Knoten stehen also unter sich um je 1/2 Wellenlänge ab.

Jedes ausserhalb der Knoten liegende Theilchen participirt dagegen an der stehenden Schwingung in der Art, dass es sich bewegt und zwar während einer Schwingung einmal vorwärts und zurück. Gehen wir z. B. für irgend ein Lufttheilchen der linken Hälften von I, II oder III der Figur 57, aus vom Zeitpunkt (E) der Ruhe, so folgen auf diesen 1) zunehmende Vorwärtsgeschwindigkeiten,

2) das Maximum derselben (B′), 3) abnehmende Vorwärtsgeschwindigkeiten (ein Moment derselben ist dargesteilt in F′), 4) Ruhe (D), 5) zunehmende Rückwärtsgeschwindigkeiten, 6) Maximum derselben (C′), 7) abnehmende Rückwärtsgeschwindigkeiten, 8) Ruhe (E). Am stärksten sind diese Bewegungen genau in der Mitte zwischen zwei Knoten, also in Abständen von $^1/_4$, $^3/_4$, $^5/_4$ u. s. w. Wellenlängen von der reflektirenden Wand. Diese Stellen (sie liegen in den Verlängerungen der nach aufwärts gerichteten Pfeile a, b, c u. s. w.) heissen Bäuche. Die Bewegung der Theilchen nimmt von einem Bauch gegen die nächsten Knoten beiderseits, successiv ab, wie B′, C′, F′ zeigen; jeder Knoten trennt also zwei (je $^1/_2$ Wellenlänge lange) Schichten des Mediums, deren Theilchen sich nach entgegengesetzten Richtungen bewegen.

337. Dichtigkeitsänderungen im Verlauf einer stehenden Schwingung.

Die Knoten 2, 3, 4 u. s. w. Figur 57, trennen beständig je zwei (je $^1/_2$ Wellenlänge lange) Schichten des Mediums, deren Theilchen in entgegengesetzten Bewegungen begriffen sind. Die Pfeile, deren Spitzen die Bewegungsrichtungen andeuten, können das Folgende noch anschaulicher machen. Bewegen sich die Theilchen beiderseits einem Knoten zu, z. B. gegen 4 in Reihe C′, so wird die Luft um 4 zunehmend verdichtet und das Maximum der Verdichtung ist vorhanden, wenn die symmetrischen Theilchen zu beiden Seiten des Knoten sich einander am meisten genähert haben. Während die Theilchen in der linken Hälfte des Raumes II (Reihe C′) sich gegen den Knoten 4 bewegen, entfernen sie sich zugleich vom Knoten 3; dasselbe gilt von den in der rechten Hälfte des Raumes 3 befindlichen Theilchen. Durch diese Entfernungen wird die Luft im Knoten 3 verdünnt; für die Verdünnungszunahmen kehren dieselben Normen wieder wie für die Verdichtungszunahmen.

Aus dem so eben Gesagten geht hervor, dass je 2 benachbarte Bäuche eine ($^1/_2$ Wellenlänge lange) Luftschicht einschliessen, in welcher die Theilchen entweder 1) einander entgegengehen, also sich verdichten, oder 2) sich von einander entfernen, also sich verdünnen. Aus diesen Wechselzuständen folgt aber unmittelbar, dass an den Bäuchen selbst keine Dichtigkeitsänderungen möglich sind, die Excursionen finden hier den geringsten Widerstand, die Theilchen sind desshalb hier in stärksten Hin- und Herbewegungen begriffen. Dagegen nehmen rechts und links von einem Bauch die Dichtigkeitsänderungen im Verlauf einer Schwingung immer mehr zu, um im Knoten das Maximum zu zeigen.

Jedes, ausserhalb der Bäuche gelegene Theilchen wird im Verlauf einer Schwingung einmal verdichtet und einmal verdünnt, wie folgende Ueberlegung zeigt. Wir gehen aus von Zustand E ($^3/_4$ Schwingung), Fig. 57, die Theilchen z. B. um Knoten 4 sind im Verdichtungsmaximum. Im nächsten Moment entfernen sich die Theilchen beiderseits, also mit entgegengesetzten Richtungen, vom Knoten; nach $^1/_4$ Schwingungszeit ist Zustand B erreicht; dieser geht

(durch F) über in D, nunmehr (nach $1/2$ Schwingung) haben sich die symmetrischen Theilchen rechts und links am stärksten entfernt vom Knoten 4, derselbe ist also im Maximum der Verdünnung. Im Verlauf des dritten Viertels gehen die Theilchen wieder zurück gegen den Knoten, die Verdichtung beginnt. Nach $3/4$ Schwingungsdauer ist Zusand C erreicht; das Maximum der Verdichtung aber ist vorhanden am Ende der Schwingung, also in E. Je 2 benachbarte Knoten, oder allgemein, je 2 um $1/2$ Wellenlänge abstehende Punkte des Mediums sind demnach gleichzeitig in entgegengesetzten Dichtigkeitszuständen begriffen. Auch sieht man leicht, dass die Dichtigkeitsänderungen, welche ein Theilchen durchmacht im Verlauf einer Schwingung, wegen der beständigen Kreuzung je zweier Wellensysteme das Doppelte betragen muss von der Dichtigkeitsänderung, die mit dem Durchgang bloss eines Wellensystems verbunden ist.

B. Haupteigenschaften des Tones.

338. Tonhöhe.

Dieselbe hängt von den Schwingungszahlen ausschliesslich ab. Der tiefste noch hörbare Ton macht 16 (ganze) Schwingungen in der Secunde. Die Musik bezeichnet ihn mit $\underline{\underline{C}}$; sie theilt bekanntlich die ganze Tonleiter in Oktaven, so zwar, dass die Schwingungszahlen der auf einander folgenden Oktavtöne sich verhalten wie 1, 2, 4, 8 u. s. w. Die Bezeichnungen der Oktaven, sowie die Schwingungszahl und Wellenlänge des Grundtones jeder Oktave giebt folgende Tabelle:

Name der Oktave.	Zeichen	Schwingung in 1 Secunde	Wellenlänge
	der Grundtöne der Oktaven.		
Erste Oktave	$\underline{\underline{C}}$ oder C_2	16	64 par. Fusse.
Contraoktave	$\underline{C}$ „ C_1	32	32 „
Grosse Oktave	C „ C	64	16 „
Kleine „	c „ c	128	8 „
1 gestrichene „	$\bar{c}$ „ c_1	256	4 „
2 gestrichene „	$\bar{\bar{c}}$ „ c_2	512	2 „
3 gestrichene „	$\bar{\bar{\bar{c}}}$ „ c_3	1024	1 „
4 gestrichene „	$\bar{\bar{\bar{\bar{c}}}}$ „ c_4	2048	6 Zolle.
5 gestrichene „	$\bar{\bar{\bar{\bar{\bar{c}}}}}$ „ c_5	4096	3 „
6 gestrichene „	$\bar{\bar{\bar{\bar{\bar{\bar{c}}}}}}$ „ c_6	8192	$1^1/_2$ „
		16384	9 Linien.
		32768	$4^1/_2$ „

Die Töne, sie mögen hoch oder nieder sein, propagiren sich mit derselben Geschwindigkeit; in der Luft mit einer Secundengeschwindigkeit von 1024 par. Fussen. Während der Zeit einer Schwingung pflanzt sich der Ton fort um seine specielle Wellenlänge; also z. B. $\underline{\underline{C}}$ in 1 Secunde um 16, $\underline{C}$ in derselben Zeit um 32 seiner Wellenlängen. Demnach ist die Wellenlänge von $\underline{\underline{C}}\ \frac{1024}{16} = 64$ Fusse.

Ueberschreiten die Schwingungen eine gewisse Maximalgrenze, so ist das Ohr nicht mehr fähig, dieselben wahrzunehmen. Diese Grenze variirt übrigens; manche Menschen hören die sehr hohen, mit dem Zirpen gewisser Heuschrecken verbundenen Töne nicht, andere dagegen noch deutlich (Wollaston). Andererseits werden zu langsame Schwingungen, etwa weniger als 16 in der Secunde, nicht mehr als Ton empfunden. Es giebt also für uns „unhörbare Töne".

339. Unterscheidung der Tonhöhe.

Zwischen dem tiefsten und dem höchsten, in der Musik verwendeten Ton, dessen Schwingungen ungefähr tausendmal zahlreicher erfolgen, liegt eine ungeheure Reihe von Schwingungszahlen (Tonhöhen). Unser Vermögen, Tonhöhen von einander zu unterscheiden, hat aber seine Grenze; Einzelne können Töne von einander unterscheiden, deren Schwingungszahlen bloss um $\frac{1}{1200}$ differiren, ein musikalisches Gehör unterscheidet leicht $\frac{1}{400}$—$\frac{1}{500}$, die Mehrzahl der Menschen jedenfalls noch $\frac{1}{100}$ Differenz. Anhaltendes Hören eines Tones von gewisser Höhe stumpft uns gegen diesen ab, nicht aber gegen andere Tonhöhen (Dove).

Die Musik wendet übrigens keine feinen Unterschiede der Tonhöhen an; sie schaltet in den Zwischenraum zwischen je 2 Oktavtöne 6 Haupttöne und 5 Nebentöne ein. Die relativen Schwingungszahlen der Haupttöne sind:

c	d	e	f	g	a	h	c
24	27	30	32	36	40	45	48

Das Verhältniss der Schwingungszahlen (sog. Intervall) von einem Hauptton zum andern ist also nicht dasselbe.

Die Tonleiter stellt nicht etwa etwas Conventionelles dar, sondern die sangbarste Reihe von Tönen, durch welche man vom Grundton aus allmälig zu seiner Octave fortschreiten kann, ohne das Gefühl des Grundtons zu verlieren (Chladni). Die Schwingungszahlen der auf einander folgenden Octavtöne verhalten sich wie 1 : 2 : 4 : 8 u. s. w. Wir haben dabei die deutlichste Empfindung einer Tonerhöhung, aber die dritte Octave scheint uns von der 2. nur um so viel abzustehen, als die 2. von der ersten (Drobisch). Geht man vom Grundton aus, so entfernen sich für unsere Empfindung die nächsten Töne immer mehr vom Grundton, um von der Quinte an, trotz zunehmender Schwingungszahlen, dem Grundton gewissermaassen sich wieder zu nähern. Denkt man sich, mit Lotze, Grundton und Octave in einer geraden Linie über einander, so steigen die Zwischentöne auf einer Spirale, die um eine Cylinderfläche geht, von jenem zu diesem allmälig empor.

340. Tonstärke.

Die Ton- (Schall-) Stärken, welche innerhalb sehr weiter Grenzen variiren, wachsen mit den Excursionsweiten der in tönenden Schwingungen befindlichen Theilchen; je nachdem man z. B. eine Saite, ehe man sie schwingen lässt, mehr oder weniger aus ihrer Gleichgewichtslage entfernt, gibt sie, bei sonst gleicher Tonhöhe, stärkere oder schwächere Töne. Höhere Töne machen übrigens, selbst bei gleichen Excursionsweiten des tönenden Körpers, einen stärkeren Eindruck

als tiefere, offenbar desshalb, weil bei jenen derselbe Bewegungseffekt in derselben Zeit sich häufiger wiederholt.

Wir können Schalle und Töne von sehr geringer Intensität, gehörige Ruhe der Umgebung und Sammlung der Aufmerksamkeit vorausgesetzt, noch wahrnehmen. Die Deutlichkeit der Empfindung steigt in diesen Fällen mit zunehmender Dauer des Horchens. Die Meisten hören übrigens auf dem linken Ohr etwas schärfer (Fechner). — Das Unterscheidungsvermögen für verschiedene Tonstärken, für das allmählige An- und Abschwellen der Töne, ist beim musikalischen Gehör ziemlich entwickelt; Versuche mit deutlichen Zahlenresultaten fehlen übrigens noch. Renz und Wolff haben das Gedächtniss für Schallstärken (das ohne Zweifel hinter dem für Tonstärken bedeutend zurücksteht) in der Art untersucht, dass sie dieselbe Schallquelle: eine Taschenuhr, schnell hinter einander in verschiedene Abstände vom Ohr brachten. Die Ausmessung der Abstände vom Ohr ergab die jedesmaligen relativen Schallstärken. Bei zwei, schnell hintereinander gehörten Schallen, deren Stärken wie 100 und 72 sich verhielten, konnte unter allen Umständen entschieden werden, welche die stärkere war, während beim Verhältniss 100 : 92 die Zahl der richtigen Urtheile die der falschen nur sehr wenig übertraf. — Bei der Vergleichung der Ton- und Schallstärken haben wir übrigens keine deutlichen Multipla der Empfindung (312).

341. Qualität der Töne.

Unter Qualität (Klang, Timbre, Farbe) der Töne versteht man die als solche meist nicht näher beschreibbaren, Jedem aber sogleich auffallenden, Empfindungen, welche durch (gleichhohe) Töne z. B. verschiedener musikalischer Instrumente in uns erregt werden. Die objektive Ursache der qualitativen Unterschiede der Töne, überhaupt Schallempfindungen, ist wenigstens im Allgemeinen schon lange erkannt worden, ohne dass man aber im Stande war, die einzelnen Qualitäten selbst akustisch charakterisiren zu können. Das Ohr muss besondere Empfindungen vermitteln, je nach der Zahl und der Stärke der Stösse, d. h. der Geschwindigkeit der vibrirenden Theilchen; es blieb für die Theorie noch eine dritte objektive Eigenschaft übrig, nämlich die Geschwindigkeit, mit welcher die vibrirenden Theilchen das Maximum erreichen, mit andern Worten: die Art des Anschwellens und Abschwellens der einzelnen Stösse (Euler). Die graphische Darstellung in 332 nahm an, das Maximum der Vorwärtsbewegung sei erreicht nach $1/4$, das Maximum der Rückwärtsbewegung nach $3/4$ der Schwingungszeit. Es sind aber unendlich viele Abweichungen von dieser Oscillationsweise möglich; die Maxima können früher erreicht werden, z. B. nach $1/8$, resp. $5/8$ der Schwingungszeit. Der graphische Ausdruck für eine solche Tonwelle erhält dann eine andere Form. Man kann also bildlich sagen, das Ohr erkenne auch die Formen der Tonwellen, d. h. die Empfindung verfolge gewissermaassen die Tonschwingung in deren einzelnen Phasen. Die Art und Weise wie die Phasen einer Schwingung durch-

laufen werden, stellt die Qualität eines Tones dar. Also hat jeder Ton (und setzen wir hinzu jedes Geräusch) einen Klang.

Die Wissenschaft ist erst am Anfang einer specielleren Kenntniss der Einzelklänge; die betreffenden Thatsachen sind aber schon jetzt von Wichtigkeit für die Physiologie des Hörens, der Stimme und Sprache.

342. Selbstregistrirung der Tonschwingungen.

Duhamel hat zuerst die Schwingungen eines tönenden festen Körpers durch diesen selbst auf einen rotirenden Cylinder verzeichnen lassen. Ein in der König'schen akustischen Werkstätte zu Paris neuerdings verfertigter Apparat dient zur bildlichen Fixation auch von Schallwellen der Luft. Derselbe besteht im Wesentlichen aus einer über einen runden Ring gespannten Membran von Kautschuk oder Goldschlägerhaut von 3 Zoll Durchmesser. Eine (dem Handgriff des Hammers des Trommelfells entsprechende) Vorrichtung erlaubt Abänderungen der Spannung der Membran, auf welche, in einigem Abstand von ihrer Mitte, ein leichter schwingungsfähiger Griffel befestigt ist, dessen Spitze ein feines Vogelfederchen trägt. Die Membran kommt durch Töne, die in ihrer Nähe erregt werden, leicht in Schwingungen; der auf der Membran befestigte Griffel geräth jedoch bloss mit der Spitze des Federchens, in Transversalschwingungen und verzeichnet dieselben (wie bei der Pulsmaschine) auf eine horizontalliegende, berusste Kymographiontrommel, die mit sehr grosser Geschwindigkeit schraubenförmig an dem Federchen vorbeibewegt wird. Die Trommel wird mit der Hand gedreht; zur Bestimmung der Geschwindigkeit in jedem Augenblick der Drehung lässt man zugleich die Vibrationen einer genau abgestimmten Stimmgabel aufzeichnen. In Fig. 58 gibt die oberste Reihe einige Schwingungen einer 256 mal in der Sekunde vibrirenden Stimmgabel; die 2. Reihe: Tonwellen einer Orgelpfeife; die 3. die Schwingungsform der Membran unter dem Einfluss zweier, im Octavverhältniss stehender Orgelpfeifen; die letzte Reihe: Tonwellen der menschlichen Stimme.

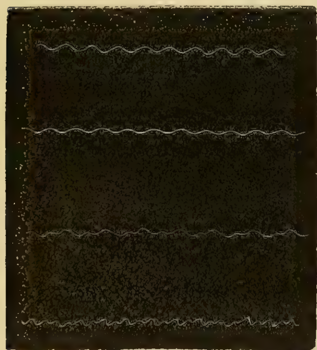


Fig. 58.

343. Elementare Tonschwingung.

Die einfachste Tonschwingung ist die sogenannte pendelartige; sie erfolgt wie bei einem, aus seiner vertikalen Gleichgewichtslage gebrachten und sich dann selbst überlassenen Pendel, oder anschaulicher ausgedrückt, wie die Bewegungen eines Pendels, welches Schwingungen von so minimen Excursionen vollführt, dass die Bewegungen als einfache lineare Hin- und Hergänge betrachtet werden können. Die Art und Weise, wie hier die 4 Phasen (zu- und abnehmende Geschwindigkeit nach Vorwärts, zu- und abnehmende Geschwindigkeit nach Rückwärts) zeitlich auf einander folgen, ist in 332 dargestellt. Das auf

diese Weise schwingende Theilchen gehorcht dem einfachsten Periodicitätsgesetz. Diese Töne nannte G. S, Ohm einfache Töne. Nur sehr wenige Tonschwingungen gehören hierher; so z. B. durchaus nicht die Töne der Sirene Cagniard-Latour's, deren Stösse man oft als elementare betrachtete. Dagegen erzeugt man einen einfachen Ton nach Helmholtz, wenn man eine Stimmgabel vor die Oeffnung einer passenden Resonanzröhre hält, d. h. einer solchen, deren tiefster Ton im Einklang ist mit dem Ton der Stimmgabel (347).

Diese elementaren Schwingungen sind dadurch charakterisirt, dass die Kraft, mit der die Rückschwingung geschieht, proportional ist dem Abstand von der Gleichgewichtslage. Diess ist bekanntlich beim Pendel der Fall; desshalb erreicht das losgelassene Pendel die Gleichgewichtslage in derselben Zeit, es mag vorher wenig oder mehr aus der Gleichgewichtslage entfernt worden sein. Man drückt diese Beziehungen auch mit den Worten aus: die Dauer kleiner Schwingungen eines Pendels ist von den Schwingungsamplitüden unabhängig.

344. Zusammengesetzte Tonschwingungen.

Die Tonschwingungen können aber, wie Fig. 58 andeutet, irgend welchem andern Periodicitätsgesetz gehorchen; die betreffenden Perioden sind dann allemal weniger einfach als bei der pendelartigen Tonschwingung; immer aber — die Bewegungen der vibrirenden Theilchen mögen während einer Schwingung successiv wachsen und wieder abnehmen wie sie wollen — wiederholen sich die Schwingungen in der einmal angenommenen Periodicität. Die mathematische Theorie zeigt, dass alle diese Tonschwingungen (überhaupt alle periodischen Bewegungen nach Fourier) angesehen werden können als zusammengesetzt aus einer Summe von Einzelgliedern, deren jedes einer einfachen pendelartigen Tonschwingung entspricht. Alle Töne, die nicht streng nach dem Periodicitätsgesetz der Pendelschwingung entstanden sind, wären demnach als zusammengesetzte zu betrachten. Dieses ergibt sich sogleich, wenn aus einfachen Pendelschwingungen verschiedener Art, nach der graphischen Versinnlichungsweise in 332, die resultirende Schwingungsform zusammengesetzt wird.

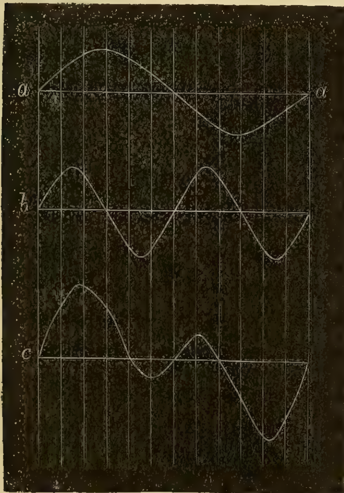


Fig. 59.

In Fig. 59 bedeuten die Curven *a* und *b* die Schwingungsphasen zweier einfachen Töne, die gleich stark sind, aber um eine Oktave von einander abstehen. In der Zeit *a* — *a* macht also Ton *b* zwei Schwingungen, *a* bloss eine einzige. Die aus beiden elementaren Tönen resultirende Schwingungsform ist, nach den Regeln des 332, in *c* dargestellt. In Fig. 60 ist die elementare Tonschwingung *a* nach Stärke und Schwingungsdauer wie *a* Fig. 59; Ton *d* ebenfalls um 1 Octave höher, aber viel schwächer als *b*; die Resultirende ist jetzt *f*, also eine complicirtere Periode als *c* Fig. 59.

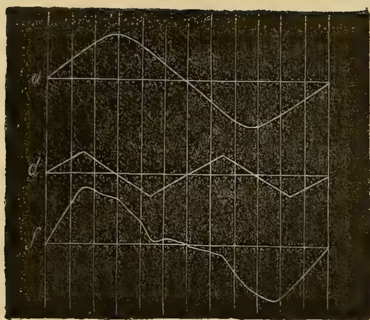


Fig. 60.

Man sieht aus diesen zwei, möglichst einfachen Beispielen, dass sich aus einfachen Pendelschwingungen eine unendliche Mannigfaltigkeit resultirender Schwingungsformen zusammensetzen lässt und dass die letzteren, d. h. die resultirenden complicirten Oscillationsperioden, abhängen von der Zahl, Grösse und Dauer der elementaren Schwingungen.

345. Empfindungsformen der elementaren und der zusammengesetzten Tonschwingungen.

Bei den einfachen periodischen Pendelschwingungen hören wir nur einen einzigen Ton, der natürlich nach Stärke und Höhe vielfach wechseln kann. Die zusammengesetzten periodischen Schwingungen veranlassen in uns ebenfalls jeweils nur eine ganze Tonempfindung, aber mit anderen Charakteren (Timbren). Viele der letzteren können wir in ihrer Totalität zwar sehr leicht von den übrigen Toncharakteren unterscheiden, nicht aber näher beschreiben; wir sagen z. B. bloss aus, manche solcher Töne seien uns angenehm, andere mehr oder minder unangenehm. Der Empfindungsvorgang selbst, der Empfindende mag sich darüber klar werden oder nicht, besteht aber in einer Zerlegung des complicirten Tones in seine einfachen Töne. Man unterscheidet alsdann 1) den tiefsten Ton. Dieser, in der Regel weitaus stärkste, bestimmt die jedem Ohr ohne Weiteres bemerkliche Tonhöhe. 2) Eine kleinere oder grössere Anzahl höherer Töne (sog. Obertöne), und zwar hört das geübte musikalische Ohr bei gehöriger Aufmerksamkeit Töne heraus von 2, 3, 4 u. s. w. mal grösseren Schwingungszahlen als der tiefste Ton. Je nach der Anzahl, Stärke und Höhe der Obertöne empfindet man einen bestimmten Toncharakter.

Aber nicht bloss die unendlich verschiedenartigen zusammengesetzten Tonschwingungen veranlassen in uns die mannigfaltigsten Empfindungsformen, d. h. »Toncharaktere«, sondern auch die »einfache« Tonschwingung, die übrigens (s. 348) nur selten vorkommt, hat, ausser Höhe und Stärke, einen bestimmten Charakter. Die Geräusche sind gleichfalls von bestimmten Charakteren begleitet. Der »Charakter« (Timbre) ist daher etwas allen Hörempfindungen Inhärentes, die aus einer irgendwie auf einander folgenden Zahl von Stössen bestehen.

346. Die Tontimbres der Sprachen.

Die von den Sprachen benützten Tontimbres gehorchen relativ einfacheren Periodicitätsgesetzen und sind desshalb für unsere Empfindung besonders klar und leicht aufzufassen; daher ihre Verwendung in der Sprache.

Der erste Versuch einer akustischen Definition, wenigstens der Vocale, rührt von R. Willis her. Schlagen (um das anschaulichste, wenn auch praktisch weniger empfehlenswerthe Experiment Desselben anzuführen) die Zähne eines sich drehenden Rades gegen eine Uhrfeder, so entsteht ein um so höherer Ton, je schneller die Einzelstösse auf einander folgen. Diese Töne nehmen aber ausserdem einen Vocalcharakter an; bei einer gewissen Länge der Feder entsteht *u*, bei successiven Verkürzungen derselben *o*, *a*, *e* und endlich *i*. Die Feder schwingt nämlich, nachdem sie vom Zahn abgegleitet ist, noch fort und gibt dabei einen Ton. Der Eigenton der Feder ist aber um so höher, je kürzer dieselbe ist. Aenderung der Drehungsgeschwindigkeit des Rades ändert bloss die Tonhöhe, nicht aber den Vocalcharakter; desshalb unterscheidet Willis: 1) die primären Schwingungen (Hauptton), herrührend von der Zahl der Zahnstösse; sie bedingen die Tonhöhe; 2) die secundären Schwingungen (Nebentöne), d. h. die Vibrationszahlen der Feder; sie bestimmen den Vocalcharakter.

Die Feder im Willis'schen Versuch muss natürlich Zeit haben, im Intervall zwischen zweien Zahnstössen hin und her zu schwingen; die Federschwingungen müssen also zahlreicher sein als die Zahnstösse, mit andern Worten: der Eigenton der Feder muss höher sein als der durch die Zahnstösse bedingte Ton. Bei einer gewissen Tonhöhe (schnellen Aufeinanderfolge der Zahnstösse) fängt desshalb das von langsamen Federschwingungen herrührende *u* an zu verschwinden.

Helmholtz erweiterte diese Lehre dahin, dass die tönenden Vocale ausser dem Hauptton noch aus einer Anzahl von Obertönen mit 2, 3, 4 mal u. s. w. höheren Schwingungszahlen bestehen, so zwar, dass die tönenden Vocale sich nur unterscheiden durch die höheren Obertöne, welche den Grundton begleiten. Ein geübtes musikalisches Ohr kann bestimmte dieser Obertöne heraushören. Das Nämliche gilt übrigens auch von den tönenden Consonanten der Sprache.

Nach Helmholtz erleichtert man sich das Heraushören schwacher Obertöne, wenn man passende Resonatoren auf das Ohr setzt, z. B. Glaskugeln mit zwei Oeffnungen, von denen die eine in einen Hals ausläuft, der in den Gehörgang gesetzt wird. Ist das andere Ohr geschlossen, so hört man die meisten Töne sehr gedämpft, ausserordentlich stark aber denjenigen Ton (er sei ein für sich allein bestehender einfacher oder ein Oberton), der dem Eigenton der Glaskugel entspricht.

Helmholtz erinnert, zur Erläuterung des Obigen, an eine dem Klavierspieler bekannte Thatsache. Singt man irgend einen Vocalton gegen den Resonanzboden des Klaviers, während zugleich der Dämpfer abgehoben ist, so klingt der gesungene Vocal ganz deutlich auf den Saiten nach; es werden also durch einen bestimmten Vocal, abgesehen von der dem Grundton entsprechenden Saite, noch höhere Saiten zum Schwingen gebracht. Genau dasselbe gilt übrigens, was bisher übersehen wurde, von allen continuirlichen Consonanten der Tonsprache. Sehr gut klingen auf den Claviersaiten nach *l*, *r*, *m*, *n*; ziemlich unterscheidbar sind noch *w*, *ch*, *sch*; undeutlich ist bloss *s*.

347. Akustische Charakteristik der einzelnen Vocale.

Durch Combination verschiedener »einfacher« Töne hat Helmholtz Töne mit den specifischen Vocalcharakteren erhalten. Eine Anzahl Stimmgabeln, deren Schwingungszahlen im Verhältniss 1, 2, 3, 4 u. s. w. standen, wurden jede mit ihrer entsprechenden Resonanzröhre verbunden. (Die Stimmgabel gibt zwar ebenfalls einen »zusammengesetzten« Ton; die Resonanzröhre verstärkt aber

bloss den Grundton der Gabel, weil ihre Länge nur mit diesem im richtigen Verhältniss steht; alle Obertöne fallen aus und man hört nunmehr bloss den Grundton, also einen starken »einfachen« Ton.) Die Röhren konnten mittelst einer Claviatur durch Deckel verschlossen und somit die entsprechenden Töne verhindert oder doch beliebig geschwächt werden. Jede Stimmgabel wurde zwischen den Schenkeln eines hufeisenförmigen Magnetes befestigt, der durch elektrische Ströme in schnellen Wechseln magnetisch wurde und den Magnetismus verlor und dadurch die Stimmgabel, durch abwechselndes Anziehen und Abstossen, in Bewegung setzte. Die Zahl der elementaren Stösse entsprach der Schwingungszahl der den Grundton gebenden Stimmgabel.

Wird der Grundton allein gehört, so hat der Ton den Charakter *u*. Die übrigen Vocalcharaktere sind in folgender Tabelle nach Helmholtz dargestellt. Die Klammern bedeuten, dass die betreffenden Töne auch ausfallen können; also *o* entsteht, wenn der Grundton und zweite Ton (d. h. nächsthöhere Oktave) stark angegeben werden, während der 3. und 4. schwach mitklingen, aber auch ausfallen kann.

	Einfache Töne.						
Vocal	Grundton	Zweiter	Dritter	Vierter	Fünfter	Sechster	Siebenter
u	stark		(schwach)				
o	stark	stark	(schwach)	(schwach)			
e	stark	mässig	stark	(schwach)	(schwach)		
ö	stark	stark	stark				
ü	stark	—	mässig				
i	schwächer	stark	(sehr schw.)	stark	mässig		
a	stark	(schwach)	schwach	mässig	stärker	stärker	stärker
					als 3 und 4.		
ä	stark	(schwach)	schwach	stark	stark.		

Die wohl viel complicirteren Schwingsformen der Consonantentimbres sind noch nicht untersucht.

348. Geräusche.

Diese grosse und unendlich mannigfaltige Classe von Hörempfindungen ist bis jetzt der Akustik kaum zugänglich gewesen. In vielen Fällen folgen die Einzelstösse zu langsam auf einander; in anderen geschieht die Aufeinanderfolge der Stösse zwar schnell, aber (nach Zeit und Intensität) durchaus unregelmässig, woraus sich in hohem Grade unregelmässige Schwingungsformen ergeben. Die meisten Geräusche können als Complexe elementarer Töne angesehen werden, so dass eine strenge Grenze zwischen gewissen Timbren der Töne und den Geräuschen nicht zu ziehen ist. An den Geräuschen unterscheiden wir wiederum: 1) Stärke; 2) Höhe und zwar a) die Höhe des Geräusches als Ganzes, bei welcher oft ein prädominirender Ton den Ausschlag giebt: z. B. die Höhe der sog. Herztöne der Stethoskopiker, die keine Töne im akustischen Sinn darstellen und b) die Höhe einzelner Töne, die unter Umständen aus dem Gesammtgeräusch herausgehört werden. Die anfangs wirren und schwer aufzufassenden Tonkomplexe eines anhaltenden und starken Geräusches, z. B. von Eisenbahnzügen, in Fabriken, vereinigen sich, wenn sie längere Zeit gehört werden, zur Empfindung einer bestimmten auf- und abschwebenden Tonhöhe; ausser

diesem starken Ton unterscheidet Reuleux einen leisen weichen, höheren Ton, g_1. Derselbe kann bei einiger Uebung sogar willkürlich verändert werden, und man vermag auf diese Art etwa 12 Töne zwischen den Grenzen a bis d_2 zu gewinnen. Man hat diese Empfindung jeweils nur in demjenigen Ohr, auf welches die Aufmerksamkeit gerichtet ist. 3) Timbre. Manche Geräusche haben, und zwar mehr oder weniger rein, irgend einen Vocal- oder Consonantencharakter; sie sind desshalb besonders leicht auffassbar.

Unser Unterscheidungs- und Erinnerungsvermögen für die Qualitäten der Geräusche ist kein unbedeutendes, wie Beispiele genug aus den speciellen Berufsarten der Menschen beweisen; die Näherin unterscheidet beim Reissen der Stoffe gewisse Qualitäten derselben u. s. w. Die Sprachen haben zahlreiche Bezeichnungen — zum Theil Onomatopoëtica — für die Geräusche: Schnurren, Schnarren — Summen, Brausen, Sausen, Rauschen, Tosen — Klappern, Rasseln — Poltern, Rollen — Pfeifen, Zischen, Schwirren, Schrillen, Pipen, Meckern, Grunzen, Stöhnen, Aechzen u. s. w.

C. Gleichzeitiges Hören verschiedener Töne.

349. Vorbemerkungen.

Ein »zusammengesetzter« Ton, in dem 345 definirten Sinne, wird, obschon er objektiv genommen aus einer Anzahl »einfacher« Töne besteht, zusammengefasst zur einheitlichen Empfindung und bezogen auf eine einzige Tonquelle. Wir haben keinen Anlass, die betreffenden Empfindungen als gesonderte aufzufassen, und können nur bei beharrlicher Aufmerksamkeit, oder mittelst künstlicher Versuchsmethoden (346) aus einem solchen Ton einzelne einfache Töne heraushören. Dagegen verschmilzt uns die Musik eines Orchesters nicht zur Gesammtempfindung; wir sind im Stande, sowohl eine Anzahl Instrumente neben einander zu hören, als auch ein einzelnes, unter einer gewissen Vernachlässigung der übrigen, zu bevorzugen. Mit einem Wort, die Tonempfindungen geben uns objektiv richtige Aufschlüsse über die Tonquellen selbst. Bei einem »zusammengesetzten« Ton hören wir ausser dem Grundton von n Schwingungen mehr oder weniger Obertöne. Die Schwingungszahlen der letzteren sind 2 n, 3 n, 4 n u. s. w., also unter sich in den einfachsten musikalischen Intervallen; die entsprechenden Empfindungen werden zusammengefasst zur gemeinsamen Empfindung. Töne aber, die nicht in den genannten Verhältnissen zu einander stehen, können nicht zur Empfindungseinheit vereinigt werden, daher unsere Befähigung, die verschiedenen Töne eines Accordes zu unterscheiden.

Die objectiven Empfindungen leisten alles für uns, wenn sie zur richtigen Auffassung der Aussenwelt verhelfen; es kommt uns, beim gewöhnlichen Gebrauch der Sinne, wie Helmholtz sich ausdrückt, nur darauf an, die Vorstellung von dem äusseren Object oder Ereigniss richtig zu bilden. Der Emfindungsvorgang in seinen Componenten bleibt uns dabei vollständig verborgen; wohl aber sind wir durch Erfahrung dahin gelangt, die Gesammtheit gewisser elementarer Empfindungen aufzufassen als ein sinnliches Zeichen für eine bestimmte äussere Veranlassung, also in unserm Fall für einen von einer bestimmten Tonquelle ausgehenden Ton.

350. Gleichzeitiges Hören von Einklängen.

Wir gehen vom einfachsten Fall aus: zwei gleichstarke, gleichhohe, elementare Töne werden *a tempo* erregt. Es sind 3 Fälle möglich: 1) Die Maxima

der Stösse beider Töne erreichen *a tempo* den Hörnerven; es entstehen also doppelt so starke Verdichtungen und Verdünnungen. Die Intensität der Empfindung ist am stärksten. 2) Die Maxima der verdichtenden Stösse des einen Tones erreichen das Ohr gleichzeitig mit den Minima der verdünnenden Stösse; die Verdichtungshalbwelle legt sich also auf die Verdünnungshalbwelle (analog den Interferenzen, D, Fig. 57); die Bewegungen heben sich nunmehr auf, es wird kein Ton gehört.

Erregt man z. B. einen Ton im Anfang 1 einer Röhre Fig. 61, welche sich so in 2 Arme theilt, dass der eine um $\frac{1}{2}$ Wellenlänge länger ist als der andere, so gelangt gleichzeitig eine Verdichtungs- und eine Verdünnungshalbwelle nach 2 und der Ton wird daselbst ausgelöscht. Die beiden Röhrenarme können hier geradezu als Conductoren von 2, unter sich um $\frac{1}{2}$ Wellenlänge abstehenden, sonst genau gleichen Tonquellen angesehen werden. — Zwei unisone Töne dagegen, ausgehend von zwei Instrumenten, die um $\frac{1}{2}$ Wellenlänge aus einander stehen, löschen sich nicht aus, weil (abgesehen von der schwer zu erreichenden absoluten Gleichzeitigkeit der beiderseitigen Wellen und anderen Ursachen) das Ohr nicht bloss die direkten Wellen empfängt, sondern auch die von den verschiedensten Richtungen, Boden, Wände u. s. w. her reflektirten Tonwellen, deren Zahl natürlich sehr viel grösser ist als die der direkten.

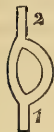


Fig. 61.

3) Die Maxima der Stösse beider Töne fallen hinter einander. Liegen die Maxima einander nahe, dann tritt immer noch beträchtliche Verstärkung ein (freilich keine Verstärkung ums Doppelte, wie im ersten Fall). Zwischen der Intensität (1) und der vollkommenen Auslöschung der Töne (2) sind also alle möglichen Uebergänge enthalten.

Sind die unisonen Töne elementare, d. h. ohne alle Beimischung von Obertönen (was aber nur bei künstlichen Versuchsmitteln möglich ist), so verschmelzen sie, da kein Grund vorhanden ist, sie gesondert aufzufassen, zur einheitlichen Empfindung.

351. Hören von dem Einklang nahen Tönen.

Zwei gleichstarke, nahezu unisone Töne sollen gleichzeitig gehört werden, z. B. zwei Töne von 100 und 101 Schwingungen in der Secunde. Die Stösse des letzteren Tones müssen im Verlaufe der Secunde denen des ersteren allmälig voraneilen. Der Deutlichkeit der Wellenbilder wegen ist in Fig. 62 eine viel grössere Differenz der Schwingungszahlen angenommen und auf 9 Stösse des einen, 10 des zweiten Tones eingezeichnet worden. Bei 1 fallen die Berge beider Systeme (am meisten) auf einander; die Töne verstärken sich. In der Mitte, bei 0, kommt (nahezu) das Maximum einer Verdichtungshalbwelle auf das Maximum einer Verdünnungshalbwelle: die Töne löschen sich aus. Man hat desshalb vollständig intermittirende, stossweise Hörempfindungen, so aber, dass jeder Einzelstoss allmälig an- und dann wieder abschwillt. Zwischen 1 und 0 lagern sich, wie man sieht, die zwei Wellenzüge so über einander, dass die resultirenden Wellen an Höhe immer mehr abnehmen, während sie von 0 gegen das rechte Ende hin successiv wachsen. Diese abwechselnden



Fig. 62.

Verstärkungen und Schwächungen der Töne nennt man Schwebungen. Die Zahl der letzteren ist gleich der Differenz der Schwingungszahlen beider Töne; 2 Töne z. B. von 100 und 104 Schwingungen in der Secunde geben alle 1/4 Secunde 1 Schwebung. Folgen die Schwebungen schnell, so wird der Ton förmlich knarrend. Töne die um 1/2 oder 1 Ton von einander abstehen, können noch solche Schwebungen, also förmliche Intermittenzen der Empfindungen veranlassen. Darin sucht Helmholtz den Grund, warum uns solche Töne, wenn sie zusammen gehört werden, unangenehm ansprechen. In der That sind auch für andere Sinne vielerlei intermittirende Empfindungen unangenehm im Vergleich zu den kontinuirlichen.

Die bisherigen Betrachtungen bezogen sich auf einfache Töne; werden dagegen zwei gewöhnliche, d. h. zusammengesetzte Töne, die dem Einklang nahe stehen, gleichzeitig erregt, so erlischt der Ton nicht völlig während der Minima der Tonstärke, weil auch Obertöne vorhanden sind, deren Schwebungen mit denen des Grundtones nicht zusammenfallen (Helmholtz).

352. Consonirende und dissonirende Tone.

Zwei oder mehrere Töne zusammen gehört sind uns entweder angenehm (consonirend), oder unangenehm (dissonirend). Die consonirenden Töne zeigen einfache, d. h. durch kleine ganze Zahlen ausgedrückte, die dissonirenden aber complicirtere Verhältnisse ihrer Schwingungszahlen. Besonders häufig angewandte consonirende Zweiklänge sind folgende:

Musikalische Bezeichnung des Intervalls.		Relative Schwingungszahlen. Grundton.		Höherer Ton.
Quinte,	z. B. c : g	2	:	3
Quart,	z. B. c : f	3	:	4
Grosse Terz,	z. B. c : e	4	:	5
Kleine Terz,	z. B. e : g	5	:	6
Sext,	z. B. c : a	3	:	5
Kleine Sext,	z. B. e : c	5	:	8

Drei gleichzeitig angegebene Töne sind harmonisch, wenn je 2 derselben unter sich eines der eben erwähnten einfachen Verhältnisse bieten. Beim sog. Durdreiklang ist die Consonanz vollkommener, als beim Molldreiklang. Das Specielle gehört in die Lehrbücher der Physik.

Werden zwei consonirende Töne neben einander gehört, so entsteht, ausser den primären, noch ein dritter Ton: der Combinationston. Wir hören dann drei Töne. Man unterscheidet zweierlei Combinationstöne: 1) Die von Tartini beschriebenen tieferen Combinationstöne. Stehen z. B. die primären Töne im Intervall einer Quart, so fällt je der vierte Stoss des einen zusammen mit dem dritten des andern Tones; dadurch entsteht ein neues System von Stössen, deren Wellenzüge neben denen der primären Töne verlaufen und deren objective Natur Helmholtz nachgewiesen hat. Die Schwingungszahl des Combinationstones ist = der Differenz der Schwingungszahlen der primären Töne; der Tartinische Ton ist also tiefer. Für das Quartintervall ($4 - 3 = 1$) ist

der Combinationston die tiefere Doppeloctave (relative Schwingungszahl 1) des höheren primären Tons (Schwingungszahl 4); ist letzterer aber bereits tief, so kann der Combinationston als zu tief natürlich nicht mehr gehört werden. 2) Höhere Combinationstöne: Die Schwingungszahl dieser, von Helmholtz entdeckten Töne ist gleich der Summe der primären Töne. Diese Combinationstöne sind jedoch sehr schwach.

Im Uebrigen verlaufen zwei consonirende Töne ungestört neben einander, d. h. ohne die, eine Intermittenz der Empfindung bewirkenden Schwebungen (351); desshalb sind sie uns vollkommen anschaulich und angenehm. Es ist z. B. *h* eine reine Quint von *e*, also macht *e* 2 Schwingungen, während *h* 3 vollführt. Der 1. Oberton von *h* ($3 \cdot 2 = 6$) und der 2. Oberton von *e* schwingen demnach gleich schnell; die Obertöne sind also im Einklang, die Harmonie wird nicht gestört. Ist aber das Intervall 2 : 3 nicht genau gestimmt, so machen die genannten Obertöne Schwebungen und je grösser die Unreinheit der Intervalle, desto schneller und unangenehmer werden die Schwebungen. Die widrigen Empfindungen bei unrein gestimmten Instrumenten rühren demnach von Schwebungen der Obertöne her und Consonanz ist eine continuirliche, die Dissonanz eine intermittirende Empfindung (Helmholtz).

D. Schallleitung durch das Hörorgan.

353. Uebergang des Schalls in andere Medien.

Der Schall pflanzt sich in der Zeitsecunde in der Luft um 1024 par. Fusse fort; im freien Wasser ist seine Geschwindigkeit aber 4 mal, in den schwingungsfähigeren unter den festen Körpern selbst 7—18 mal grösser. Diese Geschwindigkeiten sind demnach ausserordentlich gross, gegenüber dem kleinen Raum, den die Schalle zurücklegen müssen vom äussern Ohr bis zum Hörnerven. Die Fortleitung erfolgt am besten in demselben Medium, in welchem der Schall erregt wurde; auf ein zweites Medium geht er selbst im günstigsten Fall nur mit einer gewissen Schwächung über. 1) Schallschwingungen fester Körper gehen viel leichter über auf Wasser als auf Luft; 2) Schwingungen tropfbar-flüssiger Körper theilen sich festen Körpern leicht, der Luft viel schwerer mit; 3) Schwingungen der Luft gehen leichter auf feste Körper (namentlich auf gespannte) Membranen, schwer dagegen in Wasser über.

Schallwellen gehen also aus der Luft schwerer über in das Hörorgan als aus Wasser; die Säuger, Vögel und beschuppten Amphibien haben in der That einen complicirten akustischen Zuleitungsapparat.

354. Resonanz.

Die Musik benützt zur Tonverstärkung die Mitschwingung (Resonanz) anderweitiger Körper. W. Weber unterscheidet zwei Arten von Resonanz: I) Vollkommenere Mittheilung der Schwingungen des tönenden Körpers an ein anderes Medium. Die Schwingungen der Stimmgabel z. B. gehen in die Luft nur sehr unvollkommen über; wird dieselbe aber auf

einen Tisch aufgesetzt, so entsteht der bekannte starke Ton. Die Theilchen des Holzes kommen in Schwingungen, isochron mit denen der Gabel. Die Schwingungen des Holzes, überhaupt aller in dieser Weise resonirenden Körper, sind viel schwächer als die der primären Tonquelle: der Ton also wird nicht positiv verstärkt, höchstens kann er fast die Stärke erhalten, die er hätte, wenn er fortgepflanzt würde durch eine Masse, die der Tonquelle gleichartig ist. II) Wirkliche Verstärkung des Tones (Resonanz im engern Sinn). Die Schallwellen der Tonquelle gehen über auf einen begrenzten Körper, z. B. einen Luftraum, von dessen Grenzen sie zurückgeworfen werden. Die zurückgeworfenen Wellen kreuzen sich aber unter sich und mit den direkten, vom tönenden Körper herkommenden Wellen; dadurch geräth der resonirende Körper in stehende Schwingungen von viel stärkeren Excursionsweiten als die Schwingungen sind, die der Körper vollbringen könnte, wenn er unbegrenzt wäre, selbst bei der vollkommensten Mittheilung der Töne.

Gute Resonanzapparate müssen zu mannigfaltigen und intensiven Schwingungszuständen befähigt sein. Bei den resonirenden eingeschlossenen Luftmassen kommen sowohl letztere selbst, als deren Wandungen in Betracht; beide nämlich müssen mit dem tönenden Körper harmonisch schwingen können. Was die Wandungen betrifft, so ist besonders von Einfluss: 1) Das Material: dünne elastische Wände, z. B. von Holz, sind gute, weiche nicht gespannte Wände, die schwer in Schwingungen versetzt werden können, aber schlechte Resonatoren. Letzteres muss offenbar z. B. von der Schleimhautauskleidung der Trommelhöhle gelten. 2) Grössere Resonanzflächen begünstigen die Mittheilung der Schwingungen. 3) Gestalt der Resonanzfläche. Vieles bezüglich des Baues und der Form der Resonanzkästen beruht lediglich auf einer wohlberechtigten Empirie, ohne im Specielleren akustisch erklärbar zu sein.

355. Aeusseres Ohr.

Die Funktionen der durch ihre Gestalt ausgezeichneten Ohrmuschel sind wenig markirt; beim Fehlen derselben ist die Feinheit des Hörens nicht sehr merklich geschwächt. Die Muschel dient jedenfalls als Reflector von Schallstrahlen in den Hörgang. Die Wandungen der Muschel sind jedoch so gebaut, dass die meisten Schallstrahlen, welche diese treffen, wieder nach aussen reflectirt werden; nur diejenigen, welche auf die Vertiefung des äusseren Ohrknorpels (Concha) stossen, werden gegen den Tragus und von da in den Hörgang geworfen. Die, vom N. facialis versorgte, beim Menschen aber wenig entwickelte, Muskulatur der Ohrmuschel zerfällt 1) in die vom Schedel zum Ohr gehenden, dem Willen (bei Manchen) unterworfenen Beweger des ganzen Ohres und 2) in die Beweger der einzelnen Theile der Muschel. Letztere stellen im Menschen kleine, blasse Muskelbündelchen dar, deren Funktionen nicht wohl in Betracht kommen.

Bei vielen Säugethieren sind die Ohrmuskeln akustisch wichtig durch Erweiterung, Verengerung oder selbst (bei manchen Tauchern) durch klappenartiges Verschliessen des Hörganges. Die Anwesenheit von Muskeln am äusseren Ohr scheint uns für den Hörakt von einer gewissen Bedeutung zu sein; die Empfindung dürfte an Intensität und Deutlichkeit gewinnen, wenn sie am Eingang des Sinneswerkzeuges von bewussten Bewegungen begleitet ist, welche die Aufmerksamkeit dem Hörakt mehr zuleiten.

Die Luft des äusseren Hörganges dient als Leiter der Schalle. Wird derselbe verstopft, so ist man fast taub für Schallwellen der Luft; eine Uhr

z. B., deren Schlag noch auf 42 Fusse hörbar war, wurde dann erst gehört, wenn sie dem Ohr bis auf 1 Zoll genähert war. Der Hörgang ist so gewunden, dass nahezu alle Schallstrahlen zunächst auf die Wände dieses Ganges und von da erst auf das Trommelfell selbst geworfen werden.

356. Trommelfell und Trommelhöhle.

Die Scheidewand zwischen dem Hörgang und der Trommelhöhle hat beim Menschen eine Oberfläche von etwa 50 □ M. m.; bei Thieren mit kleinem Schedel ist sie nicht sehr viel kleiner. Im Erwachsenen ist das Trommelfell schief gestellt zur Axe des Hörgangs und zwar schief 1) von oben und aussen nach unten und innen und 2) von hinten und aussen nach vorn und innen. Die Schiefstellung vergrössert die Oberfläche (Schwingungsfähigkeit) der Membran und bewirkt, dass eine grössere Zahl der von den Wänden des Hörganges reflectirten Strahlen mehr senkrecht auf das Trommelfell fallen. Als elastische gespannte Membran kann das Trommelfell durch Schallwellen der Luft leicht in Schwingungen versetzt werden. Bei der Fortpflanzung der Trommelfellschwingungen zum Labyrinth können vorzugsweise zwei Wege in Betracht kommen:

1) Leitung durch die Luft der Trommelhöhle zur Membran des runden Fensters und von dieser auf das Wasser der Schnecke. Die physikalische Möglichkeit dieser Leitung ist unbestritten; sie steht aber ausserordentlich zurück gegen die zweite Leitungsbahn. Auch ist das runde Fenster in vielen, feinhörenden Thieren sehr ungünstig gestellt gegen das Trommelfell, ja es liegt selbst in einem Nebenraum der Trommelhöhle, der mit letzterer nur durch einen sehr feinen Spalt communicirt.

2) Leitung durch die Gehörknöchelchen. Dieselben pflanzen die Trommelfellschwingungen fort zur Membran des ovalen Fensters, welches den Vorhof verschliesst. Diese Leitung ist bei weitem die bevorzugteste; ja sie kommt höchst wahrscheinlich allein in Betracht.

Joh. Müller hat beide Leitungen schematisch nachzuahmen gesucht. In den Hals einer Glasflasche, Fig. 63, wird eine den äusseren Hörgang darstellende Röhre eingefügt, die unten mit einer Membran *t* verschlossen ist. Der Boden wird durch eine, von zwei Löchern durchbohrte Platte gebildet; in jedes Loch wird ein, unten mittelst einer Membran verschlossenes Röhrchen gesteckt, während ein, die Hörknöchelchen darstellender Stab *k* das Trommelfell *t* mit der Membran des ovalen Fensters *o* verbindet. Wird der Apparat in Wasser gestellt, so hört man einen im Hals erregten Ton, mittelst eines, einerseits an das Ohr angelegten und andererseits in das Wasser eingetauchten gekrümmten Stabes, bei *o* sehr viel stärker als bei dem, das runde Fenster repräsentirenden *r*. Schwingungen einer gespannten Membran werden also leicht übertragen mittelst fester Theile auf eine zweite Membran und von da auf Wasser; viel schwächer aber von der Membran auf Luft und von da auf eine zweite Membran und von dieser wiederum auf Wasser.

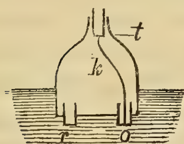


Fig. 63.

357. Hörknöchelchen.

Feste Körper, mit einander unter verschiedenen Winkeln verbunden, leiten den Schall in der ursprünglichen Richtung weiter, d. h. die Schwingungsrichtung

verändert sich trotz der Winkel nicht (Savart). Versetzt man die Saite *s*, Figur 64, durch Reiben mit einem Lappen in longitudinale, oder mittelst Streichens mit dem Violinbogen in transversale Schwingungen (z. B. in der Ebene des Papiers, oder senkrecht zu dieser Ebene u. s. w.), so schwingen auch die Brettchen 1, 2, 3, 4 (wie die Bewegungen des auf sie aufgestreuten feinen Sandes zeigen) in gleichen Richtungen. Man erhält also, je nach der primären Schwingungsrichtung der Saite, verschiedene sog. Klangfiguren. Die Schwingungen der unter mehrfachen Winkeln mit einander verbundenen Hörknöchelchen, deren compacte Substanz zur Schallleitung sehr befähigt ist, werden somit weder geschwächt, noch in ihren Richtungen verändert.

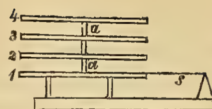


Fig. 64.

Die Trommelfellschwingungen theilen sich zunächst dem Handgriff des Hammers mit, welcher Bewegungen des Trommelfells genau folgt. Parallel mit dem Hammerhandgriff verläuft der lange Fortsatz des Ambos; die Schwingungen des letzteren geschehen desshalb in demselben Sinne wie die des ersteren. Das mit dem langen Fortsatz des Ambos verwachsene Sylvi'sche Knöchelchen artikulirt mit dem Steigbügel-Köpfchen; eine von letzterem zur Mitte des Fusstrittes des Steigbügels gezogene Linie steht ungefähr senkrecht auf der Längsaxe des langen Ambosfortsatzes. Kleine Ein- und Auswärtsbewegungen des letzteren werden also den Steigbügel abwechselnd stärker in das ovale Fenster eindrücken und aus demselben herausziehen. Die gemeinsame Drehaxe des ganzen Systems (Figur 65, punktirte Linie *a-a*) ist gegeben durch eine Linie gezogen von der Insertion des kurzen Fortsatzes des Ambos (an der Hinterwand der Trommelhöhle) nach vorn und aussen zur Insertion des Processus Folianus des Hammers am obere vorderen Rand des Trommelfellringes. Figur 65 stellt das rechte Trommelfell von innen gesehen dar, sammt Hammer und Ambos.

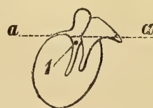


Fig. 65.

358. Spannung des Trommelfells.

Die zur Aufnahme der Schallschwingungen der Luft erforderliche beständige Spannung des Trommelfells wird erzielt durch die Beschaffenheit der Membran selbst und durch den Handgriff des Hammers, dessen Spitze die Mitte des Trommelfells nach einwärts zieht. Diese Einwärtsstellung des Handgriffs ist das Resultat nicht bloss der Federkraft des Processus Folianus, sondern der gesammten Lagerungs- und Verbindungsweisen der Hörknöchelchen.

Die Spannung des Trommelfells wird vergrössert durch den Musculus tensor membranae tympani. Die Sehne desselben wendet sich, nachdem sie den Canal, innerhalb welches sie verläuft, verlassen hat, senkrecht gegen das Trommelfell und inserirt am oberen Theil des Handgriffes des Hammers (1 Figur 65), also nur wenig unter der gemeinsamen Drehaxe *(a a)* des Hammers und Ambos. Der

Muskel zieht das Trommelfell nach einwärts; diesem Zug folgen die Hörknöchelchen, desshalb tritt der Fusstritt des Steigbügels tiefer in das ovale Fenster und der Tensor tympani ist somit indirekt auch ein Tensor membranae fenestrae ovalis, wodurch auch das Wasser des Labyrinthes einen stärkeren Druck empfängt. Direkt wird letztere Membran gespannt durch den Musculus stapedius, welcher den hinteren Theil des Steigbügelfusstrittes stärker an die Membran andrückt.

Ausserdem kann die Spannung des Trommelfells vergrössert werden, in Folge von Veränderung der Spannung der Trommelhöhlenluft (359).

Wird das Trommelfell stark gespannt, so leitet es den Schall schlechter; die Trommelfellspannung ist somit ein Dämpfungsmittel zu starker Schalle. Wir hören dann minder gut die schwächeren Töne überhaupt und die tieferen insbesondere. Jede gespannte Membran giebt einen, ihrer Spannung entsprechenden Ton: ihren Eigenton. Die Membran kommt am leichtesten in Schwingungen durch Töne, die ihrem Eigenton unison sind oder demselben doch näher liegen. Das stark gespannte Trommelfell giebt einen hohen Eigenton, somit muss dasselbe tiefe Töne weniger gut leiten. Für gewöhnlich nehmen wir aber hohe und tiefe Töne zugleich wahr; die continuirliche Verbindung des Trommelfelles mit den Hörknöchelchen und dieser mit dem Labyrinth verhütet demnach ein einseitiges Schwingen des Trommelfelles, gemäss dem akustischen Grundgesetz, dass in einem System mit einander verbundener verschiedenartiger Körper nur ein, allen gemeinsamer, einheitlicher Bewegungszustand bestehen kann.

359. Eustachische Trompete.

Dieses Communicationsrohr kommt in allen Thieren vor, welche eine Trommelhöhle besitzen; es dient zur Herstellung des Gleichgewichtes zwischen der äusseren und der Trommelhöhlenluft und dadurch zur Verhütung einseitiger Spannungen des Trommelfells. Macht man bei Verschluss von Mund und Nase eine Ausathmungsbewegung, so nimmt die Luftfüllung der Trommelhöhle zu; das Gegentheil, also Minderung der Spannung dieses Luftraumes, findet statt, wenn unter gleichen Umständen der Versuch einer Einathmungsbewegung gemacht wird. Im ersten Fall ist der Luftdruck stärker auf der Innenseite des Trommelfells; letzteres giebt also nach aussen nach; im zweiten drückt die äussere Luft das Trommelfell noch mehr nach einwärts.

In beiden Fällen ist die Locomotion des Trommelfells von einem Geräusch begleitet. Dieses wird viel stärker, wenn man bei zugehaltener Nase oder während des Untertauchens unter Wasser eine Schluckbewegung ausführt, wodurch eine plötzliche Luftverdünnung im oberen Pharynx entsteht.

Als Conductor der Schalle dient die Tuba nicht; die Annahme, dass dieselbe speciell beim Hören der eigenen Stimme betheiligt sei, ist nicht gerechtfertigt, denn eine in die Mundhöhle gehaltene Uhr wird schlecht gehört und Verstopfung der Tuba erschwert das Hören der eigenen Stimme nicht in stärkerem Grade als die sonstigen Hörwahrnehmungen.

360. Labyrinth.

Ueber die Fortpflanzung der Schallwellen von der Membran des ovalen Fensters bis zum Hörnerven, also über die Leistungen der verschiedenen Theile des Labyrinthes als Conductoren, Reflectoren und Resonatoren hat die Wissenschaft bis jetzt keine begründeten oder die physiologische Akustik wesentlich fördernden Anschauungen.

Der Bau des innern Ohres (Labyrinth) deutet wohl zum Theil auf Funktionen, die vom Standpunkt der gegenwärtigen physikalischen Akustik noch nicht begreiflich sind. Vollkommene Räthsel im Bau eines Sinnorganes sind ein Beweis, dass die physikalische Theorie des betreffenden Sinnesreizes noch unvollständig ist.

Der Hörnerv verbreitet sich in das Spiralblatt der Schnecke, die beiden Vorhofsäckchen und die häutigen Bogengänge sammt deren Ampullen. Corti hat im häutigen Spiralblatt der Schnecke einen sehr zusammengesetzten Bau entdeckt; ob und wie die Corti'schen Organe mit den Enden der Schneckennervenfasern zusammenhängen, muss vorerst dahingestellt bleiben. Die physiologische Verwerthung dieser Anordnungen, denen sich die Untersuchungen M. Schultze's über die in feine verzweigte Borsten auslaufenden Vorhofsnerven anreihen, kann zur Zeit über das bloss Hypothetische noch nicht hinausgehen.

Die häutigen Bogengänge dürften die Aufnahme der Schallwellen aus den Kopfknochen erleichtern. Die beiden Vorhofsäckchen und Schneckentreppen, sowie die häutigen Bogengänge schliessen etwas Flüssigkeit ein; dadurch werden diese Gebilde in einem gewissen Spannungsgrade erhalten und somit deren Schwingungsfähigkeit erleichtert. Der sog. Hörsand der Vorhofsäckchen, ein feines, weisses, aus sehr kleinen Kryställchen von kohlensaurem Kalk bestehendes Pulver fehlt in manchen Säugthierspecies, sowie in einzelnen Menschen. Ueber den akustischen Nutzen desselben existiren blosse Vermuthungen. Das Wasser der Schnecke wird in tönende Schwingungen versetzt vom Vorhofwasser aus. Diese Schwingungen theilen sich dem Spiralblatt und dem Schneckennerven mit. Bei stärkeren Vibrationen muss aber das Schneckenwasser gehörig ausweichen können; dieses wird ermöglicht durch das Nachgeben der Membran des runden Fensters (Ed. Weber).

361. Schallleitung durch die Kopfknochen.

Die Kopfknochen, welche leicht in tönende Schwingungen zu versetzen sind, leiten den Schall bis zum Felsenbein. 1) Schallwellen der Luft gehen schwer über auf die Kopfknochen; wir sind in der That bei verstopften Ohren fast taub für Lufttöne. 2) Schallwellen aus Wasser gehen aber leicht über auf die Kopfknochen; unter Wasser getaucht hört man, auch bei verstopften Ohren, Geräusche, die im Wasser erregt werden, sehr gut. 3) Schallwellen fester Körper pflanzen sich am leichtesten auf die Kopfknochen fort. Eine tönende Stimmgabel z. B. wird, wenn man sie auf den Kopf setzt, stärker gehört, als aus der Luft, und zwar auffallender Weise bei verstopften Ohren ungleich stärker

als bei offenen Ohren; auch ist, wenn bloss das eine Ohr verschlossen wird, der Ton wiederum stärker als auf dem freigebliebenen. (Eine mögliche Erklärung s. 364 II.)

Die Schallleitung durch die Schedelknochen wird selten benützt; z. B. beim Auflegen des Ohres auf den Boden, um ferne durch den Boden besonders gut fortpflanzbare Geräusche wahrzunehmen. Beim Hörrohr des Arztes leitet sowohl die Luft als das Holz des Instrumentes. Auch für das Hören der eigenen Stimme ist diese Leitung von Belang; bei verstopften Ohren hören wir unsere Stimme durch die Kopfknochen stark, aber mit einem veränderten Timbre.

362. Entfernung des Schalles.

Indem wir die objektiven Hörempfindungen nach aussen verlegen, beurtheilen wir zunächst unseren Abstand von der Schallquelle. Letztere bringt die Luft in Vibrationen nach allen Richtungen; diese Vibrationen, d. h. die Schallstärken, werden schwächer mit zunehmender Entfernung der Schallquelle: bei 2, 3, 4facher Entfernung sind die Schallstärken 4, 9, 16 mal schwächer als bei einfacher Entfernung. Wir haben die Intensität der verschiedenen Schalle durch Erfahrung kennen gelernt und schliessen, je nach der Stärke des Eindruckes, auf den Abstand der Schallquelle. Dieses Urtheil steht aber hinter den analogen Leistungen der Augen sehr zurück; Ungenauigkeiten der Empfindung sind desshalb, namentlich bei geringer Aufmerksamkeit, häufig. Ein schwaches, in der Nähe erregtes Geräusch kommt uns als stark vor, wenn wir die betreffende Schallquelle in zu grosse Entfernung verlegen. Beim Erwachen in der Nacht kann man desshalb, ehe man psychisch vollständig gesammelt ist, ein schwaches Geräusch in der Stube auffallend stark hören. Die Hörempfindungen würden eine Menge von Irrthümern über die Abstände der Schallquellen bedingen, wenn unser Urtheil bloss auf der Intensität der Sensation beruhen würde; wir nehmen aber zugleich die Timbres und sonstige auffallende Eigenschaften der Geräusche und Töne, z. B. ihre zeitlichen Successionen, wahr. Wir kennen die specifischen Töne der summenden Biene, eines musikalischen Instrumentes, die Aufeinanderfolge der Geräusche bei den Bewegungen eines Thieres u. s. w., zugleich aber auch die Intensitäten dieser Schallquellen beim Hören in der Nähe und sind also vor dem Irrthum geschützt, die von der Biene oder der Geige erregten Töne in grosse Ferne zu verlegen, weil wir wissen, dass diese specifischen Töne an sich relativ schwach sind.

363. Richtung des Schalles.

Wir vernehmen einen, an einem bestimmten Ort erzeugten Schall am deutlichsten, wenn dessen Schallstrahlen rechtwinklig auf das Ohr fallen; in diese Linie verlegen wir die Richtung des Schalles. Durch Körper- und Kopfdrehung ist, wenn es sich um genauere Auffassung handelt, die günstigste Stellung des Ohres zur Schallquelle schnell gefunden. Der Schall gelangt dann mit grösserer Stärke in das, dem Ort seiner Entstehung zugewandte Ohr, und wir

glauben geradezu, den Schall mittelst dieses allein zu hören. Letzteres ist aber eine Täuschung; es tritt augenblicklich eine Schwächung der Wahrnehmung ein, wenn das der Schallquelle abgewandte Ohr verstopft wird. Dringt dagegen ein Schall gleichmässig in beide Ohren, z. B. von einer vor das Gesicht gehaltenen Schallquelle, so haben wir keine Veranlassung, denselben auf das eine Ohr mehr als auf das andere zu beziehen, wir verlegen dann die Schallquelle in die verlängerte Medianebene des Körpers. Die Luft im äussern Gehörgang ist wichtig zur Unterscheidung der Schallrichtung (Ed. Weber). Taucht man nämlich unter Wasser, so hört man die Schalle als etwas Aeusseres, kann aber nur unterscheiden, ob sie von rechts oder links herkommen; hat man dagegen vor dem Untertauchen den Hörgang mit Wasser ausgefüllt, so werden die Schalle nicht mehr als ein Aeusseres, sondern im Kopf selbst empfunden.

Die Wahrnehmung auch der Richtung des Schalles steht weit zurück hinter der analogen Auffassung des Sehsinnes. Da wir immer nur die Richtung beurtheilen, in welcher der Schall das Ohr trifft, so täuschen wir uns über den Ort des Schalles allemal, wenn derselbe reflektirt ist.

Ein und derselbe Schall, der beide Hörorgane, wenn auch ungleich trifft, wird einfach gehört. Diese Verschmelzung der Empfindungen beider Organe hat aber ihre Grenzen; man erhält z. B. andere Eindrücke, je nachdem man zwei Uhren von etwas verschieden schnellem Schlage mit bloss einem oder mit beiden Ohren hört (E. H. Weber). Im ersten Fall unterscheidet man die Perioden, wo die Schläge beider Uhren zusammentreffen, und fasst sie als einen sich wiederholenden Rhythmus auf. Wird dagegen vor jedes Ohr eine Uhr gehalten, so unterscheidet man, dass die eine schneller schlägt, aber jener Rhythmus fehlt.

364. Schallempfindungen im Ohr.

Man unterscheidet dreierlei Veranlassungen derselben: I) Aeussere Schalle unter Umständen. Diess ist vor Allem der Fall bei Schallen, die nur durch die Kopfknochen, also auf ungewöhnlichem Wege, zum Ohr geleitet werden. Wird uns z. B. eine tönende Stimmgabel auf den Kopf gesetzt, so verlegen wir den Ton nach aussen; wir hören nämlich auch die Lufttöne der Gabel; verstopfen wir aber beide Ohren, so wird der Ton nicht bloss stärker (361), sondern auch ausschliesslich im Kopf selbst, und nicht mehr als etwas Aeusseres, empfunden; nach Verschluss von bloss einem Ohr hört man den Ton in demselben entweder ausschliesslich, oder doch viel stärker als in dem freigebliebenen.

II) Im Ohr erregte Schalle (Binnentöne). Hieher gehören, abgesehen von den in 359 erwähnten Trommelfellbewegungen, namentlich die Erschütterungen des Felsenbeines durch den Carotisblutstrom. Man hört ein continuirliches, mit jedem Puls anschwellendes Geräusch; beim Aufsetzen eines mittönenden, abgeschlossenen Luftraumes, z. B. einer Muschel, auf das Ohr, bei Verstopfung der Eustachischen Röhre entsteht dasselbe sogleich; in allen diesen Fällen wird nämlich die Luft der Trommelhöhle, des Hörganges oder des auf letzteren aufgesetzten Luftraumes durch das Circulationsgeräusch in stehende Schwingungen versetzt.

III) Reizungszustände des Hörnerven selbst oder des Ge-

hirns, bei vollständigem Fehlen objectiver Schalle. Hieher gehören namentlich Abnormitäten der Blutcirculation im Hirn und Labyrinth, in Folge von Blutverlusten, vor dem Eintritt von Ohnmachten, in narkotischen Vergiftungen, bei grosser körperlicher Abspannung (daher oft im Beginn von Krankheiten). Auch das, namentlich nach lange einwirkenden, monotonen Schallen auftretende Phänomen des Nachtönens ist hieher zu rechnen.

Die Empfindungen der 2. und 3. Categorie werden meistens nicht nach Aussen verlegt, jedenfalls überzeugt sich der Gesunde in der Regel leicht, dass denselben nichts Aeusseres entspricht; nach Verschluss der Ohren bestehen sie nämlich fort und bei veränderter Stellung des Ohres zur vermeintlichen Schallquelle verändert sich ihre Stärke nicht; auch weichen sie meistens nach Timbre und sonstigen Eigenschaften von bekannten äusseren Schallen wesentlich ab. Bei Trübungen der Psyche aber können solche subjectiven Empfindungen leicht als objective aufgefasst und mehr oder weniger zu Hallucinationen umgestaltet werden (317).

XIX. Sehen.

365. Leistungen.

Als Organ eines Specialsinnes vermittelt das Auge Lichtempfindungen. Man unterscheidet: 1) Farbiges Licht; Schwingungen des Lichtäthers von bestimmten Zahlen erregen in uns Empfindungen bestimmter Farben. 2) Farbloses Licht, das Weiss oder (bei geringer Intensität) Grau. Weiss entsteht z. B. durch das Zusammentreten der Strahlen, wie sie im Sonnenlicht enthalten sind; die Physik zerlegt bekanntlich das Sonnenlicht mittelst des Prisma's in die sog. Spektralfarben und vereinigt die letzteren wieder zu weissem Licht. 3) Das Dunkel (Schwarz), die Folge von zu geringem oder gänzlich mangelndem Licht. Gleichwohl ist für uns aber auch das Schwarz ein positiver Empfindungszustand; das Auge unterscheidet sich demnach von andern Sinnesorganen wesentlich dadurch, dass es auch im reizlosen Zustand Empfindungen verschafft.

Die Farben sind specifische Empfindungsformen des nervösen Sehapparates, und die objectiven Ursachen derselben, d. h. die Bewegungen des sog. Lichtäthers, haben nichts gemein mit den Empfindungen, die sie in uns erregen. Auch die zahlreichen heterologen Reize der Retina, wie Erschütterungen, Drücke, Elektricität, ferner abnorme Zustände, z. B. Anomalieen der Blutcirculation in irgend einem Theil des nervösen Sehapparates, kurz Einflüsse, die von dem Licht objektiv durchaus verschieden sind, können ebenfalls (subjective) Licht- und Farbensensationen veranlassen.

Als Organ eines Generalsinnes verschafft uns das Auge Raumwahrnehmungen; wir gelangen zur Anschauung der Gestalten der Aussendinge, indem die letzteren auf der Netzhaut des Auges Bildchen entwerfen.

366. Sehapparate.

Für blosse Lichtempfindungen, z. B. zur Unterscheidung von Hell und Dunkel, genügt ein einfaches Organ, wie die sog. Augenpunkte vieler niederen Thiere (z. B. Ringelwürmer, Seesterne, Quallen). Sie bestehen in kleinen Pigmentanhäufungen an der Peripherie eines lichtempfindenden Nerven.

Das Formensehen dagegen verlangt eigenthümliche dioptrische Werkzeuge: die Augen, die in allem Wesentlichen viel übereinstimmender gebaut sind, als es auf den ersten Blick den Anschein hat. Vor der den Lichtreiz aufnehmenden Nervenhaut sind durchsichtige, lichtbrechende Medien gelagert. Diese bewirken 1) dass die Lichtstrahlen, welche ein Objektpunkt in das Auge sendet, auf einem bestimmten Punkt der Netzhaut vereint werden; sie verhüten also 2) dass eine Netzhautstelle Licht empfängt von verschiedenen Stellen der Aussenwelt und ermöglichen dadurch die Entwerfung deutlicher Netzhautbildchen der äussern Objekte. Endlich ist 3) durch die Vereinigung der von einem Objektpunkt ins Auge fahrenden Lichtstrahlen auf einen Netzhautpunkt für die gehörige Lichtmenge gesorgt. Alle übrigen optisch denkbaren Vorrichtungen sind physiologisch unmöglich, weil die Netzhautbildchen zu lichtschwach wären. Jedes einzelne der vielen zusammengesetzten Augen der Insekten ist in allem Wesentlichen gebaut und leistet dasselbe wie die einfachen Augen der höhern Thiere.

Neuerdings wurde ein sehr complicirter geschichteter Bau der Retina wahrscheinlich gemacht (Hannover, Pacini, H. Müller), worüber die Lehrbücher der mikroskopischen Anatomie nachzuschlagen sind. Für die Physiologie besonders merkwürdig sind die sog. Stäbchen und Zapfen der äussersten Retinaschicht (der früheren Tunica Jacobi) und die innerste Retinalage: die sehr feine Schicht der ausstrahlenden Opticusfasern. Nach H. Müller schicken die Stäbchen und Zapfen durch die Mittelschichten der Retina Ausläufer zu den Opticusfasern. Die Stäbchen und Zapfen, nicht aber die eigentlich nervösen Elemente der Netzhaut: die Opticusfasern sind die lichtaufnehmenden Organe, denn 1) der gelbe Fleck ist der empfindlichste Theil der Netzhaut; er enthält keine Nervenfasern, sondern vorzugsweis sog. Zapfen. 2) Die peripheren Retinastellen sind weniger empfindlich; hier nehmen die Zapfen bedeutend ab. 3) Im Insectenauge sind nur die Zapfen und Stäbchen dem Licht ausgesetzt, die Nervenfasern dagegen durch Pigment vor Lichtzutritt geschützt. Weitere Beweise s. 412 und 452.

A. Hülfsapparate.

367. Auglider.

Dieselben beschatten das Auge und schützen es gegen fremde Körper. Die Bewegungen sind willkürlich oder reflektorisch, und zwar erfolgt namentlich das Schliessen, den meisten übrigen Reflexbewegungen gegenüber, auffallend schnell.

Die Schliessung der Lidspalte (M. orbicularis palpebr. innervirt vom N. facialis) geschieht überhaupt rascher als die Oeffnung (M. levator palpebrae sup. abhängig vom N. oculomotorius). H. Müller entdeckte in beiden Augenlidern, namentlich dem unteren, organische Muskelfasern, die als Eröffner wirken. Dieselben werden vom Sympathicus innervirt und die bezüglichen Bewegungen erfolgen mit einer gewissen Langsamkeit; nach Reizung des Halssympathicus wird die Lidspalte weiter (Wagner), nach Durchschneidung aber enger.

Die ebenfalls aus glatten Muskeln bestehende Membrana orbitalis vervollständigt die Orbita in verschiedenen Säugethieren; nach Reizung des Halssympathicus drückt die Membran den Inhalt der Orbita, besonders den Bulbus, vorwärts, nach Durchschneidung des Nerven aber wird der Bulbus zurückgezogen (Bernard). Beim Menschen ist die Membran mit grösserer Vollständigkeit der knöchernen Wände der Orbita nur schwach entwickelt, sodass die genannte Sympathicuswirkung fehlt.

368. Befeuchtungsmittel des Auges.

Dieselben erleichtern die Bewegungen des Augapfels, ersetzen die Verdunstungsverluste der Bindehaut und erhalten dadurch die Transparenz der Hornhaut. 1) Sekret der Meibom'schen Drüsen; es dient als Einölungsmittel; 2) Schleimsekret der Bindehaut und zwar vorzugsweis der traubigen Drüschen derselben; 3) Thränen. Sie sind quantitativ das wichtigste dieser Secrete, ohne dass jedoch die Bindehaut aufhört feucht zu sein nach Ausschneidung der Thränendrüsen. Die Thränen sind wasserhell, schwach alkalisch, trüben sich etwas beim Kochen (kleiner Eiweissgehalt) und führen etwa 1% Fixa (darunter die Hälfte Aschenbestandtheile, besonders Chlornatrium und Phosphate). Man kennt bloss die entfernten Ursachen, die auf die Thränensekretion von Einfluss sind, nämlich 1) Reizungen im Gebiete des Trigeminus (besonders der Bindehaut, Nasenschleimhaut, auch Zunge u. s. w.), 2) helles Licht, 3) psychische Einflüsse als Veranlassungen des verschiedene Gemüthszustände begleitenden Weinens, 4) Hemmungen des venösen Rückflusses vom Kopf (anhaltendes Lachen, Husten, Brechen u. s. w.). Die Augenfeuchtigkeiten werden, bei mässiger Secretion, entfernt durch Verdunstung und durch Ueberleitung in die Nasenhöhle. In letzterem Falle sind besonders von Einfluss: die Capillarwirkungen der Thränenpunkte, die Contractionen des Orbicularis palpebrarum und dessen Appendix: des Thränensackmuskels; vielleicht dürfte, wenigstens beim schnellen und tiefen Einathmen, die Luftverdünnung in der Nasenhöhle eine aspirirende Wirkung auf den Inhalt des Thränensackes ausüben.

369. Augenbewegungen.

Das Sehfeld des ruhenden Auges umfasst in horizontaler Richtung ungefähr 130 Grade; vollkommen deutlich erscheint uns aber nur der Theil, dessen Netzhautbildchen auf den gelben Fleck fällt. Eine von der Mitte des letzteren bis zur Mitte der Hornhaut gezogene Gerade heisst Sehaxe (optische Axe), in deren Verlängerung somit der am deutlichsten gesehene Punkt des Sehfeldes liegt. Die Einstellung der Sehaxe auf einen beliebigen Punkt der Aussenwelt geschieht

mittelst Drehungen des Körpers, Bewegungen des Kopfes, oder endlich vermöge der sehr schnell und frei erfolgenden Bulbusbewegungen. Die äusseren Muskeln des Augapfels sind ausgezeichnet durch ihren Nervenreichthum und dem Willen in hohem Grade unterthan. Das Auge kann, ohne wesentlichen Fehler, als eine Kugel betrachtetet werden; dasselbe ist demnach zu sämmtlichen einer Kugel möglichen Rotationen um unendlich viele Drehaxen befähigt, wobei unter allen Umständen ein im Kugelcentrum liegender Punkt unbeweglich bleibt: der sog. Drehpunkt.

Die senkrechten Augenbewegungen erfolgen schneller als gleichgrosse, wagrechte oder schiefe; der wagrechte Durchmesser des Sehfeldes ist auch grösser als der senkrechte und bedarf also einer Beherrschung in etwas geringerem Grade. Die Geschwindigkeit ist fast momentan und der Messung kaum mehr zugänglich. Sucht man aber 2 Punkte des Sehfeldes in möglichst rascher Folge 10—20mal abwechselnd zu fixiren, so ergiebt sich für eine grössere Augenbewegung ein ansehnlicher Bruchtheil einer Zeitsecunde (Volkmann). Das Umspringen der Aufmerksamkeit und die Muskelanstrengung veranlassen diese Verzögerung.

370. Ruhelage des Auges.

Man geht am Besten von der gewöhnlichen, d. h. Ruhelage, des sehenden Auges aus. Sie ist mit der geringsten Muskelanstrengung verbunden und wird von den Meisten unwillkürlich beibehalten, wenn kein bestimmter Gegenstand fixirt wird. Für diese Augenstellung ist charakteristisch: aufrechte Haltung des Kopfes, sowie horizontal und gerade nach vorn gerichtete Sehaxe, also Parallelismus der Sehaxen beider Augen.

Zieht man nach den 3 Dimensionen des Raumes Linien durch das Auge, die sich im Drehpunkt rechtwinkelig schneiden und als fest in der Orbita angenommen werden (wir heissen sie am besten Orbitalaxen), so erhält man: 1) die Tiefenaxe; in ihr liegt, bei unserer Ausgangsstellung die Sehaxe; 2) die Queraxe; diese liegt in der Richtung der Verbindungslinie der Drehpunkte beider Augen. Die Axen 1 und 2 liegen also in derselben Ebene. 3) Die auf ebengenannter Ebene senkrechte Höhenaxe.

371. Augenmuskeln.

Wir betrachten die 6 Augenmuskeln zunächst in ihrer isolirten Thätigkeit, wobei jedesmal von der Ruhelage ausgegangen wird. Je zwei derselben stehen unter sich im (wir können geradezu annehmen vollkommenen) Antagonismus und rollen das Auge um eine gemeinsame Drehungsaxe. I) Die M. m. rectus internus und externus bewirken die Drehung um die orbitale Höhenaxe; die Muskeln verlaufen horizontal in der Augenhöhle, also in einer zu jener Axe rechtwinkeligen Ebene. II) Die M. m. rectus superior (*r s* Fig. 66) und inferior dagegen rotiren das Auge nicht genau um die orbitale Queraxe (II—II Fig. 66), sondern um die derselben bloss genäherte, von innen und vorne nach aussen und hinten gezogene Axe II′—II′. Der rectus superior bildet mit der Sehaxe (Tiefenaxe) *SS* einen Winkel von 19°. III) In vielen Thieren, deren Augen so bedeutend divergiren, dass sie nur ein geringes oder selbst gar kein gemeinsames Sehfeld haben, ver-

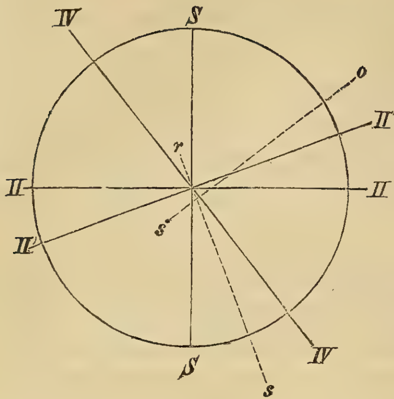


Fig. 66.

Obere Hälfte des linken Auges.
Die obere Hälfte der Figur stellt die beiden vorderen oberen Quadranten des Bulbus dar.

laufen die M. m. obliqui, annähernd oder selbst vollkommen rechtwinkelig gegen die orbitale Tiefenaxe; ihre Drehaxe fällt dann in der Ruhelage mit der Sehaxe wirklich zusammen. Die Obliqui für sich allein würden demnach sog. Raddrehungen (372) des Auges bewirken und zwar der Obliquus superior die Raddrehung nach innen, der Obliquus inferior die nach aussen. Diese Wirkung der Obliqui ist die einzig konstante, sie tritt aber bei geringerer Divergenz beider Orbitae immer mehr zurück, indem alsdann die Obliqui zunehmend schräger zur orbitalen Tiefenaxe (Sehaxe) gestellt sind, einer Abweichung, die beim Menschen ihr Maximum erreicht.

Der Musculus obliquus superior wirkt in der Richtung seiner Sehne von *o* nach *s* (Fig. 66). Die Sehne befestigt sich in *s*, am äusseren, hinteren, unteren Quadranten des Augapfels. Der M. obliquus inferior inserirt am äusseren, hinteren, unteren Quadranten. Beide Zugkräfte liegen (ungefähr) in einer und derselben senkrechten Ebene, die einen Winkel von etwa 52° mit der Sehaxe *SS* bildet. Zieht man eine Gerade rechtwinklig auf diese Ebene durch den Drehpunkt, so hat man die Drehaxe der Obliqui (IV—IV), sie geht also horizontal nach rückwärts und einwärts und bildet nach Rüte mit der Sehaxe einen Winkel von 38°. Der Obliquus superior für sich allein richtet das vordere Ende der Sehaxe nach abwärts und auswärts, der Obliquus inferior besorgt dagegen die Aufwärts- und Auswärtseinstellung. Mit beiden Bewegungen (die auch je 2 benachbarten Recti möglich wären) sind aber verbunden schwache Raddrehungen in dem schon oben angegebenen Sinn; die Drehaxe der Obliqui kommt der orbitalen Tiefenaxe wenigstens viel näher als die Axen der Recti. Ausserdem wirken die Obliqui zusammengenommen als Antagonisten der 4 Recti, sie ziehen den Bulbus (beim Menschen) nach vorn und erleichtern dadurch dessen Balancement in der Orbita.

Bei Lähmungen der Augenmuskeln treten die isolirten Wirkungen der unversehrt gebliebenen deutlich hervor. Bei der Oculomotoriuslähmung z. B. kann der Kranke nur mit Hülfe des M. obliquus superior nach abwärts sehen; die Sehaxe wird aber zugleich nach auswärts geneigt (Gräfe).

372. Beherrschung des Sehfeldes.

Die Augenbewegungen können nur begriffen werden im Zusammenhang mit ihren Aufgaben für den Sehakt. Vor allem handelt es sich um vollständige Beherrschung des Sehfeldes. Von den vielen Rotationen, die dem Auge möglich

sind, mussten ausgeschlossen bleiben die Drehungen des Bulbus ausschliesslich um die Sehaxe, die reinen sog. Radbewegungen des Auges. Das Netzhautbildchen des Viereckes *aa*, Fig. 67, welches sich in der eben vorhandenen Augenstellung auf die 4 Quadranten der Retina gleichmässig vertheilt, würde nach geschehener Raddrehung, durch welche der Meridian *vv* z. B. in die Lage *v'v'* gebracht worden sei, bloss auf andere Netzhautstellen fallen; eine Bewegung, die nichts beitragen würde zur Beherrschung des Sehfeldes. Die dem Sehakt allein zuträglichen Rotationen sind demnach diejenigen, welche Einstellungen der Sehaxe auf jeden beliebigen Punkt des Sehfeldes gestatten. Diese Einstellung geschieht, wie Rüte, Donders, Meissner und Wundt zeigten, 1) mittelst reiner Sehaxenbewegungen, ganz besonders aber so, dass 2) mit mehr oder minder ausgiebigen Sehaxenbewegungen sich schwache Raddrehungen combiniren. Beide Fälle werden in den zwei folgenden §§ erläutert.

373. Reine Sehaxenbewegungen.

Figur 67 stelle die hintere Halbkugel des gerade nach vorn gerichteten Bulbus von hinten gesehen dar; *vv* sei die vertikale Trennungslinie, welche die Retina in eine rechte und linke Hälfte theilt, *hh* die horizontale Trennungslinie von analoger Bedeutung für die obere und untere Retinahälfte. Der Kreuzungspunkt beider Linien fällt in die Mitte des gelben Fleckes (diese Trennungslinien scheiden die Netzhaut in 4 Quadranten, von welchen beiderseits je *A* und *A'*, *B* und *B'* mit einander correspondiren (s. auch 432). In der Ruhelage liegt

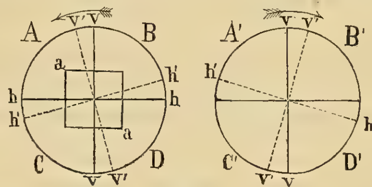


Fig. 67.

die horizontale Trennungslinie der Netzhaut mit der orbitalen Tiefen- und Queraxe in derselben Ebene. Aus dieser Primärstellung könnte die Sehaxe eingestellt werden auf jedweden Sehfeldspunkt mittelst reiner »Sehaxenbewegungen«; wir hätten also 1) reine Auf- und Abwärtsbewegungen des Auges, resp. des Vordertheils der Sehaxe, als einfache Rotationen des Bulbus um die orbitale Queraxe. 2) Reine Ein- und Auswärtsbewegungen, als Rotationen um die orbitale Höhenaxe und 3) unendlich viele Bewegungen in Mittelrichtungen, als schräge Bewegungen der Sehaxe, wodurch letztere auf irgend einen Punkt der 4 Sehfeldsquadranten eingestellt wird. Jede schräge Bewegung kann theoretisch zurückgeführt werden, entweder 1) auf eine Rotation um die orbitale Quer- und sodann um die Höhenaxe, oder 2) auf eine Rotation um eine einzige, constante, zwischen jenen 2 Hauptaxen gelegene Axe. Bei allen »Sehaxenbewegungen« liegt die Drehaxe in der Ebene, welche unsere orbitale Höhen- und Queraxe enthält; die Sehaxe bewegt sich rechtwinkelig zur Drehaxe, alle Punkte des Auges rotiren in parallelen Ebenen, eine Raddrehung ist somit ausgeschlossen und der Parallelismus der verticalen Tren-

nungslinien beider Augen ist unverändert gewahrt. Die betreffenden Stellungen heissen Secundärstellungen, gegenüber der Ruhelage (Primärstellung).

Diese Sehaxenbewegungen sind aber sehr beschränkt; sie kommen bloss vor: 1) als Auf- und Abwärtsbewegungen und 2) als Ein- und Auswärtsbewegungen der Augen, vorausgesetzt, dass in beiden Fällen der Bewegungsumfang gering ist (Wundt). Auch diejenigen schrägen Bewegungen, welche den ebengenannten nahekommen, können noch hieher gerechnet werden, alle übrigen Augendrehungen, also die grosse Majorität, sind dagegen:

374. Combinirte Sehaxen- und Radbewegungen.

Diese Bulbusbewegungen müssen zerlegt werden einerseits in Drehungen um die Höhenaxe, oder Queraxe oder um beide Axen, sowie andererseits um Drehungen um die optische Axe selbst. Diese letzteren sind aber nur gering, (nach Meissner betragen sie nur wenige Grade); mit anderen Worten: die gemeinschaftliche Drehaxe (wir nehmen vorerst an, dieselbe bleibe konstant während der ganzen Bewegung) tritt auch in diesen Fällen nicht sehr erheblich aus der Ebene heraus, in welche (s. § 373) die Rotationsaxen der reinen Sehaxenbewegungen liegen.

Zur Messung der Raddrehungen benützten Rüte und nach ihm Donders und Wundt die Veränderungen der Stellungen der Blendungsbildchen der Augen. Sieht man einen stark leuchtenden Gegenstand einige Zeit an und wendet dann den Blick auf eine andere Stelle des Raumes, so erscheint auf letzterer ein Nachbild des Gegenstandes in dessen früheren Gestalt. Betrachtet man in der Primärstellung eine schmale senkrechte Linie, so bleibt nach erfolgter Augenbewegung, wenn man das Nachbild der Linie (also die Netzhaut) auf eine zur Sehaxe rechtwinklige Ebene projicirt, entweder 1) senkrecht, dann hat sich die Lage der Netzhautstellen zur Sehaxe nicht verändert, oder 2) das Nachbild zeigt eine kleine Neigung gegen die verticale Axe der Projectionsebene; es haben sich nunmehr alle Theile des Auges um die Sehaxe, wie ein Rad um seine Axe, gedreht und die messbare Neigung des Nachbildes ist der unmittelbare Ausdruck der vollführten Raddrehung des Auges.

Alle diese neuen Augenstellungen heissen Tertiärstellungen; die verticalen Trennungslinien beider Netzhäute bilden nunmehr Winkel mit der Ebene, welche beide optischen Axen einschliesst (sog. Visirebene). Es folgt aus dem Gesagten, dass das Auge bei jeder speciellen Richtung seiner Sehaxe eine bestimmte Lage hat, welche am Einfachsten charakterisirt ist durch die Neigung der vertikalen Trennungslinien gegen die Visirebene. Bei jeder Einzellage sind gewisse Bulbusmuskeln activ gespannt, andere passiv gedehnt; die damit verbundenen Muskelgefühle erleichtern die Beurtheilung der Richtung unserer Sehaxe in hohem Grade. Mit jeder Augenstellung ist also ein bestimmtes Muskelgefühl verbunden. Nach Wundt neigen sich die verticalen Trennungslinien beider Augen mit ihren oberen Enden I) nach innen, bei der Einstellung der Sehaxe a) in den inneren oberen und b) den äusseren unteren Quadranten des Sehfeldes; II) nach aussen: bei der Sehaxeneinstellung a) auf

den äusseren oberen und b) den inneren unteren Sehfeldquadranten. Mit andern Worten: bei allen umfänglichen schrägen Bewegungen (des vorderen Theils) der Sehaxe nach Oben ist die Drehung um die Sehaxe gleichgerichtet der Bewegung der Sehaxe; während es sich umgekehrt verhält bei den Sehaxenbewegungen nach Unten. Auch die horizontalen und verticalen Sehaxenbewegungen, vorausgesetzt dass sie umfänglich sind, verbinden sich mit (schwachen) Bulbusdrehungen um die Sehaxe, das obere Ende der verticalen Trennungslinie neigt sich I) nach innen, bei den Bewegungen gerade aufwärts oder gerade auswärts; II) nach aussen, bei den Bewegungen gerade abwärts oder gerade einwärts (Wundt).

375. Axenwechsel bei der Augenbewegung.

Mit der Bestimmung der Augenstellung am Beginn und Ende einer Bewegung ist selbstverständlich noch nichts ausgesagt über den Verlauf der Bewegung selbst; denn das Auge kann möglicher Weise den Uebergang von einem Sehfeldspunkt zu einem anderen entweder auf dem direktesten Weg oder auf irgendwelchen Umwegen ausführen. Man nahm früher an, der gerade Weg werde immer eingeschlagen, mit anderen Worten: im Verlauf der Bewegung werde eine und dieselbe Drehaxe beibehalten und betrachtete sogar die Constanz der Drehaxe als wesentliches Unterstützungsmittel für die Thätigkeit der Augenmuskeln.

Die Erfahrung bestätigt eine solche Einfachheit der Verhältnisse nicht: die Sehaxe macht Bogenlinien beim Uebergang aus einer Augenstellung in eine andere; auch können wir die Contouren einer sehr complicirten Figur leicht und schnell mit dem Blick umgehen. In beiden Fällen findet also ein beständiger und schneller Wechsel der Drehaxe statt.

Um den Gang der Sehaxenbewegung zu verfolgen giebt es folgende Mittel: 1) Man beobachtet die successiven Stellungen der Blendungsbildchen (375), Rüte. 2) Man zieht zwischen 2 Punkten des Sehfeldes Bogenlinien von verschiedener Grösse und Gestalt. Diejenige Bogenlinie, welche die Sehaxe am „Ungezwungensten“ fixirend verfolgt, ist die, welche die Sehaxe einschlagen würde bei freier, ihr nicht vorgeschriebene Bewegung (Wundt). 3) Eine leichte Versuchsform wird wohl die sein, dass man wiederum zwischen 2 Punkten mehrere Bogenlinien zieht und diejenige Linie, welche in gleichen Zeiten am häufigsten von den Augenbewegungen hin- und her durchlaufen wird, als die gesuchte betrachtet.

Nach Wundt wird von der Ruhelage aus der gerade Weg bloss dann eingeschlagen, wenn die beiden Punkte des Sehfeldes senkrecht oder horizontal gegen einander gestellt sind, während bei allen anderen Richtungen die Sehaxe immer Bogenlinien beschreibt, und zwar geschieht die Bewegung nach Aussen in Bogen, die nach Aussen convex sind, die Bewegung nach Innen in Bogen, deren Convexität nach Innen gerichtet ist. Am stärksten ist die Bogenkrümmung der von der Sehaxe beschriebenen Linie, wenn die 2 Punkte des Sehfeldes einen Winkel von 45° gegen den Horizont bilden (s. Fig. 68). Einzelne Menschen bieten aber die entgegengesetzten Krümmungen der Bogenlinien.

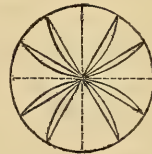


Fig. 68.

Ohne Zweifel ist dem Auge eine gewisse Freiheit gegeben; immer aber, die vollführte Bewegung mag gewesen sein, welche sie wolle, ist das Auge, nachdem die Sehaxe eingestellt ist, in einer bestimmten Lage zur Sehaxe.

376. Zusammenwirkende Muskeln eines Auges.

Nach der Darstellung der wirklich stattfindenden Bewegungen, kann nunmehr auf die Rolle der Augenmuskeln eingegangen werden. Man macht dabei die Voraussezung, es seien, während eines Zeittheils einer Bewegung thätig gewesen jeweils diejenigen Muskeln, deren Insertionspunkte sich näherten, unthätig dagegen diejenigen, deren Insertionspunkte sich von einander entfernten. (Die Berechtigung der Annahme muss dahingestellt bleiben, jedenfalls kann, um nur Eines anzuführen, ein Muskel, neben anderen, thätig sein, ohne Aenderung des Abstandes seiner Insertionspunkte.) Rüte's Ophthalmotrop versinnlicht diese Verhältnisse; elastische Schnüre sind an einer frei rotirenden Kugel in Richtungen befestigt, welche dem Verlauf der Augenmuskeln entsprechen. Die an einer Scala unmittelbar abzulesenden Verkürzungen und Verlängerungen der Schnüre drücken demnach die Veränderungen aus, welche die Muskeln während einer bestimmten Augenbewegungen erfahren. Wir gehen auch hier von der Ruhelage aus. A) 1 Muskel ist thätig: bei reinen Horizontalbewegungen (entweder M. rectus internus oder externus). B) 2 Muskeln sind thätig: bei reinen Vertikalbewegungen; und zwar a) nach aufwärts: der rectus superior und obliquus inferior; b) nach abwärts: rectus inferior und obliquus superior. C) 3 Muskeln sind thätig in allen übrigen Fällen; nämlich je 2 benachbarte Recti und, beim Abwärtsbewegen: obliquus superior, beim Aufwärtsbewegen: obliquus inferior, z. B. nach unten und aussen: Rectus inf., rectus ext. und Obliq. sup.

Der Einfachheit wegen wurden in Obigem die Raddrehungen ausgeschlossen; dieselben können wenigstens bei Bewegungen geringen Umfangs vernachlässigt werden. Bei allen Raddrehungen, wo die verticale Trennungslinie mit ihrem oberen Ende sich nach einwärts neigt (374 I), tritt der M. obliquus superior in Thätigkeit, während bei der Neigung der verticalen Trennungslinie nach auswärts der M. obliquus inferior betheiligt ist.

Die mit den Bulbusbewegungen obiger Categorien A, B u. C verbundenen Raddrehungen sind in 374 angegeben. Durch die Dazwischenkunft der Radbewegungen sind 3 Erfolge möglich: 1) die Wirkung eines Obliquus kommt noch hinzu; bei umfänglicheren Bewegungen obiger Categorie A. sind also 2 Muskeln thätig. 2) Die an sich vorhandene Obliquusbetheiligung wird gemindert (bei B und in einigen Fällen von C). Z. B. die reine Aufwärtsbewegung (s. oben B. a) ist mit Raddrehung nach einwärts verbunden; dadurch wird die Verkürzung des Obliquus inferior (sowie die passive Dehnung des Obliquus superior) geringer. 3) Die auch ohne Radbewegung geforderte Betheiligung der Obliqui wird vermehrt; z. B. bei der Bewegung nach unten und aussen erfolgt die Raddrehung nach innen, also nimmt die Thätigkeit des Obliquus superior zu.

Man hat oft gefordert, der Uebergang aus einer Augenstellung in eine andere müsse immer so erfolgen, dass die dabei thätigen Muskeln ein Minimum ihrer Verkürzung, die unthätigen dagegen ein Minimum ihrer Verlängerung

erfahren. Diese beiden teleologischen Principien können aber bei weitem nicht die einzig dominirenden sein; wie schon der in § 375 geschilderte Wechsel der Drehaxen während einer Bewegung beweist, welche weitere Complicationen in unsere Aufgabe bringt. Die Figur 68 ergiebt für diese Fälle die Betheiligung der Muskeln unmittelbar; der M. rectus superior (resp. rectus inferior) hat demnach bei den schrägen Augenbewegungen am Ende der Bewegung ein Uebergewicht über den rectus externus (resp. internus).

377. Iris und Pupille.

Die Iris hält, vermöge des Pigmentbeleges an ihrer Hinterwand, die Lichtstrahlen ab vom Rand der Linse und schützt die Netzhaut vor zu grellem Licht. Das Sehloch ist übrigens nicht genau in der Mitte der Iris, sondern etwas nach einwärts gerückt. Der in der Leiche im Mittel etwa 6 Millimeter betragende Pupillendurchmesser schwankt im Lebenden sehr bedeutend. Die Verengerung der Pupille wird bewirkt durch die, am Annulus minor iridis befindliche kreisförmige Muskelschicht, die Erweiterung dagegen durch die radiären Muskelfasern der Iris. Die Vogelpupille verändert sich sehr schnell; die Kreismuskulatur gehört nämlich zum animalischen System. Langsamer erfolgen die Bewegungen im Säugethier, dessen Iris organische Muskelfasern besitzt; immerhin sind aber die Irisbewegungen schneller als diejenigen anderer glatten Muskelfasern; die Verengung der Pupille geschieht schneller als die Erweiterung.

Iris und Pupille erscheinen grösser und der Hornhaut näher, als den natürlichen Verhältnissen entspricht; bringt man aber das Auge unter Wasser, so ist die Hornhaut beiderseits von Flüssigkeiten von nahezu gleichem Brechungsvermögen umgeben und die Täuschnng verschwindet.

Drei Nerven geben Zweige für die Iris ab; diese treten zunächst zusammen zur Bildung des Ciliarganglions, welches in zwei Bündeln eine Anzahl Nervi ciliares breves entlässt, die die Sclerotica durchbohren, zwischen dieser und der Choroidea nach vorn verlaufen und vorzugsweise den Ciliarmuskel (Tensor chorioideae) und die Iris versorgen. Man unterscheidet 3 sog. Wurzeln des Ciliarganglions: 1) die lange Wurzel: vom N. nasociliaris des ersten Astes des Trigeminus, 2) die kurze: vom N. oculomotorius und 3) die in der Regel an die kurze sich anlegende mittlere Wurzel: ein dünnes Fädchen vom Plexus caroticus stammend. Uebrigens entlässt der N. nasociliaris direkt den (öfters doppelten) Nerv. ciliaris longus, der vor seinem Einsenken in die Sclerotica mit einem N. ciliaris brevis sich verbindet, im Auge selbst aber denselben Verlauf nimmt, wie die kurzen Ciliarnerveu.

378. Motorische Irisnerven.

Der N. oculomotorius beherrscht die Kreismuskulatur der Iris; nach seiner Reizung wird die Pupille eng; nach der Durchschneidung aber weit.

Die sympathischen Fasern versorgen die Radialmuskulatur der Iris. Nach Durchschneidung des Halsstranges des Sympathicus wird, wie schon Petit fand, die Pupille derselben Seite eng; die Radialmuskeln sind nunmehr gelähmt, die Kreismuskeln dagegen unversehrt. Nach elektrischer Reizung des Halssympathicus wird dagegen die Pupille weit (Valentin, Biffi). Reizung des Vorderstranges des Rückenmarkes in der Höhe der 2 obersten thoracischen und der 2 untersten Cervicalnerven erweitert die Pupille derselben Seite, während

nach Exstirpation der genannten Stelle, wie beim Petit'schen Versuch, die Pupille sich verengt (Budge und Waller).

Diese und andere Controllversuche zeigen, dass die zur Iris verlaufenden sympathischen Fasern, wie schon Valentin angedeutet hatte, ihr Centrum im Rückenmark haben. Dieselben treten über in die Vorderwurzeln der respectiven Rückenmarksnerven, durch die Rami communicantes in den sympathischen Grenzstrang und in diesem aufwärts zum Auge.

379. Natürliche Form der Pupille.

Der Pupillendurchmesser hängt von zweien, im Antagonismus angelegten Muskelfasersystemen ab, ohne Zweifel aber so, dass eine bestimmte Pupillenweite, also auch der Uebergang von einem Durchmesser zu einem anderen, durch mannigfaltige Combinationen der Thätigkeitsgrade beider Muskulaturen hergestellt werden kann. Die Betrachtung muss von den (möglichsten) Ruhezuständen der Irismuskeln ausgehen und als solche dürfen vorläufig gelten 1) die vollständige oder doch annähernde Reizlosigkeit der Retina, d. h. fehlende oder doch nur geringe Lichtmassen und 2) die Reizungsunfähigkeit der nervösen Centraltheile des Sehapparates durch Licht, also z. B. nach Durchschneidung der Sehnerven. In beiden Fällen ist die Pupille mässig weit; diese Weite würde somit die (möglichst) natürliche Form der Pupille darstellen. Durchschneidet man nunmehr, also nach Trennung der Sehnerven, den N. oculomotorius, so wird die Pupille nicht weiter; lässt man aber hierauf die Durchschneidung des Sympathicus folgen, so verengt sich (Budge) die Pupille etwas, aber bei weitem nicht in dem Grade, wie beim unversehrten Zustand des Sehnerven und Oculomotorius. Daraus folgt: nicht die circuläre, sondern nur die radiäre Irismuskulatur ist in beständiger aktiver Spannung mässigen Grades begriffen; die Pupille (des Säugethiers) ist also auch bei Abwesenheit jeder Netzhauterregung etwas weiter, als dem vollständigen Ruhezustand der Irismuskulatur entspricht.

380. Entfernte Ursachen der Irisbewegungen.

1) Reizung der Netzhaut verengt die Pupille. Ihr Durchmesser wird mit wachsender Lichtstärke zunehmend kleiner, jedoch bei verschiedenen Personen in ungleichem Grade. Die Pupillenverkleinerung in Folge von Netzhauterregung ist eine Reflexbewegung (Mayo), desshalb bewirkt nach Durchschneidung des Sehnerven mechanische, chemische u. s. w. Reizung oberhalb des Schnittes Verengung der Pupille, während die Opticusreizung unterhalb der Schnittstelle wirkungslos bleibt. Das reflektirende Centralorgan ist nach Flourens das vordere Vierhügelpaar. Wird dieses exstirpirt, so bleibt die Pupille selbst beim stärksten Lichtreiz starr, ein Zustand, der auch in klinischen Fällen von totaler Lähmung des Oculomotorius beobachtet worden ist. Werden beide Pupillen von verschieden hellem Licht getroffen, so sind sie nichtsdestoweniger im Allgemeinen gleich gross. Bei zu starkem Lichtunterschied dürfte aber diese Gleichheit aufhören (Fechner); wird gar nur ein Auge vom Licht getroffen, so verengt sich zwar auch die Pupille des anderen, jedoch in geringerem

Grade. Dasselbe ist (in der Regel) der Fall nach direkter Reizung eines der vorderen Vierhügel. Liegt der Leuchtkörper in der verlängerten Sehaxe, so kontrahirt sich nach Lambert die Pupille viel mehr, als wenn er (selbst nur wenige Grade) seitwärts sich befindet. Die seitlichen Bezirke der Netzhaut sind nämlich (441) weniger empfindlich.

2) Accommodationsveränderungen des Auges. Beim Nahesehen wird, wie schon Rhazes angab und die meisten Beobachter bestätigen, die Pupille enger, beim Fernsehen weiter. Dieses ist auch dann der Fall, wenn der Augapfel vollkommen ruhig bleibt. Beim Nahesehen kommt (s. 401) die Accommodationsmuskulatur, namentlich der Musc. ciliaris in stärkere Thätigkeit; dieser Muskel wird aber innervirt von dem, die Pupillenenge bewirkenden Oculomotorius.

3) Stärkere Convergenz beider Augen verengt die Pupille. Auch diese Bewegung hängt vom N. oculomotorius ab. In der das binoculare Nahesehen begleitenden stärkeren Convergenz beider Augen liegt somit eine weitere Ursache zur Pupillenverengung.

4) Mehrere Narcotica, namentlich das Atropin, erweitern die Pupille und zwar sowohl innerlich genommen, als lokal dem Auge einverleibt.

Die Wirkung der Pupillenerweiternden Mittel (sog. Mydriatica) ist noch nicht gehörig erklärt: eine erste Ueberlegung kann sie abhängen lassen von 1) Reizung des Irissympathicus (active Erweiterung), 2) Lähmung des Irisoculomotorius (passive Erweiterung) oder 3) von beiden Momenten zugleich. Das Atropin wirkt aber auch nach vorheriger Durchschneidung des Oculomotorius oder des Sympathicus (Biffi, Cramer), ja sogar einige Zeit nach dem Tode, wenn die Irisnerven nicht mehr reizbar sein können, sowie selbst am ausgeschnittenen Auge der Erfolg nicht ganz ausbleibt.

Einzelne Menschen können die Pupille (bei unveränderter Lichtstärke und unbewegtem Augapfel) willkürlich bewegen, nach manchen Angaben, wenn sie sich hell oder dunkel vorstellen (?); nach anderen Behauptungen bei willkürlichen Accommodationsanstrengungen. Die Trigeminuseinflüsse s. 385.

381. Trigeminusfasern der Iris.

Die sensibelen Fasern der Iris stammen vom Trigeminus, welcher ausserdem auch die Blutgefässe des Auges mit vasomotorischen Fasern vorzugsweise zu versorgen scheint. Nach der Durchschneidung dieses Nerven in der Schädelhöhle (Fodera, Magendie) entsteht immer eine abnorme Blutfülle (Hyperämie) des Auges. Letzteres ist, sammt dem ganzen Verbreitungsbezirk des Nerven in der Gesichtshaut, gefühllos; die Bindehaut secernirt stärker; Iris und Cornea gerathen in Entzündung, letztere wird trüb, kann selbst verschwären, und aufbrechen, sodass die Augenflüssigkeiten auslaufen und der Augapfel in einen Stumpf verwandelt wird. Mehr oder weniger analoge Zustände wurden auch in einzelnen Fällen von Trigeminuslähmungen am Menschen beobachtet. Die Entartung des Auges, gewöhnlich als Folge der Lähmung der vasomotorischen Nerven desselben aufgefasst, geht übrigens nicht immer so weit. Das Auge ist

nach der Trigeminusdurchschneidung überhaupt reizbarer, sodass mechanische Einwirkungen die Entartung um so mehr begünstigen, als die gefühllos gewordene Parthie des Gesichts durch Anstossen, Reibung u. dergl. mehr als gewöhnlich beschädigt wird (Snellen).

Früher leitete man die Gefässnerven (oder „trophischen" Nerven) des Auges vom Ganglion Gasseri ab und behauptete, dass die Entartung ausbleibe, wenn der Nerv zwischen Gehirn und Ganglion durchschnitten werde. Schiff widerlegte letztere Angabe. — Nach Budge setzt übrigens Trigeminusreizung in gewissen Thieren vorübergehend auch Pupillenenge und zwar selbst dann, wenn alle anderen Augennerven vorher durchschnitten werden, sodass der Verdacht einer Reflexbewegung beseitigt ist.

B. Katoptrische und dioptrische Erscheinungen.

382. Spiegelbilder im Auge.

Ein Theil des in das Auge fallenden Lichtes wird regelmässig zurückgeworfen, die Trennungsflächen der einzelnen Augenmedien wirken somit als förmliche Spiegel. Von einer vor das Auge gehaltenen Lichtflamme erhält man, wie Purkinje zeigte, 3 Bildchen. Fällt z. B. das Flammenlicht von einer Seite in das Auge, so gewahrt der, auf der anderen Seite stehende Beobachter — Licht und Beobachter sollen gleiche Winkel, etwa 20°, mit dem Auge des Beobachteten bilden — die Spiegelbildchen *c*, *v* und *h* der Fig. 69. *c* rührt her von der Hornhaut und wird in die Nähe des einen Pupillenrandes projicirt; *v* kommt von der vorderen, *h* von der hinteren Fläche der Linse. Den Regeln der Katoptrik gemäss sind *c* und *v* aufrecht, die resp. Spiegelflächen sind convex; *h* ist verkehrt, die hintere Linsenfläche ist nämlich ein Concavspiegel. *v* ist das grösste, *h* das kleinste; *c* das deutlichste und lichtstärkste, *v* das am wenigsten scharf contourirte und lichtärmste der drei Bildchen.



Fig. 69.

Hohlspiegel geben reelle und verkehrte Bilder von Objecten, die jenseits ihres Hauptbrennpunktes liegen. a) Ist das Object zwischen Hauptbrennpunkt und Krümmungsmittelpunkt des Spiegels, so wird das Bild vergrössert und befindet sich jenseits des Krümmungsmittelpunktes. b) Liegt dagegen das Object jenseits des Krümmungsmittelpunktes, so ist das Bild verkleinert und zwischen Hauptbrennpunkt und Krümmungsmittelpunkt gelegen. Convexspiegel geben immer aufrechte und verkleinerte Bilder (hinter dem Spiegel) und zwar um so kleiner, je konvexer die Spiegel sind.

383. Allgemeine dioptrische Aufgabe des Auges.

Kepler gab zuerst den speciellen theoretischen Beweis, dass das Auge wie eine Sammellinse wirkt. Die Strahlen nämlich, welche von einem gesehenen Leuchtpunkt in das Auge fallen, erhalten durch die dioptrischen Medien solche Richtungen, dass sie sich wieder in einem Punkt der Netzhaut schneiden. Ein Sehobjekt ist eine Mosaik unendlich vieler solcher Leuchtpunkte; es entspricht somit jedem Bezirk des Objektes ein (Miniatur)Bezirk der Netzhaut und das Sehobjekt entwirft auf der Netzhaut ein flächenhaftes Bildchen. Es gleicht

desshalb das Auge im Allgemeinen der bekannten Vorrichtung der Camera obscura. Die physiologische Dioptrik untersucht den Gang der Lichtstrahlen in den brechenden Medien des Auges und die Entstehung, sowie die Eigenschaften und Veränderungen des Netzhautbildchens.

Scheiner demonstrirte zuerst das objektive Netzhautbildchen. Dasselbe wird am Besten im ausgeschnittenen durchsichtigen Auge eines weissen Kaninchens oder, nach Wegpräpariren der Sclerotica und Choroidea, auch an jedem pigmentirten grösseren Säugethierauge untersucht. Das Netzhautbildchen hat alle Eigenschaften der von Sammellinsen entworfenen Bilder; es ist umgekehrt, d. h. einer oberen oder rechten Stelle des Objektes entspricht eine untere resp. linke Stelle im Netzhautbild; auch giebt dasselbe die Gestalten und Farben der Objekte scharf und rein, jedoch en miniature wieder.

Die zusammengesetzten facettirten Augen der Insekten zeigen von einem äusseren Objekt, wie schon Leeuwenhoek bekannt war, im Grund jeder Facette ein scharfes Bildchen, welches unter dem Microscop betrachtet werden kann. Auch diese Bildchen sind umgekehrt; jedes einzelne Aeuglein (viele Insekten besitzen deren mehrere tausende) ist mit einem dioptrischen Apparat versehen, wie von Gottsche zuerst genauer nachgewiesen wurde.

Alle Strahlen, die vom Punkt a des Pfeiles, Fig. 70, in das Auge geschickt werden, schneiden sich auf a', die von b ausfahrenden in b' des Augengrundes (das Retinabild ist der Deutlichkeit wegen relativ gross gezeichnet) und was von den beiden Enden des Objektes gilt, bezieht sich auch auf jeden anderen Punkt desselben.

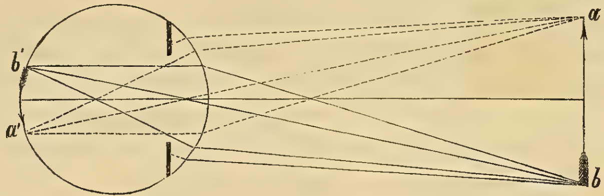


Fig. 70.

384. Gang der nachfolgenden Darstellung.

Zur Orientirung diene ein vorläufiger Ueberblick über die nachfolgende, keinerlei mathematischen Kenntnisse voraussetzende Darstellung der physiologischen Dioptrik. Zur Bestimmung des Ganges der Lichtstrahlen im Auge müssen gegeben sein: die Brechungskoëfficienten und Dicken der einzelnen Augenmedien, sowie die Krümmungen ihrer Trennungsflächen. In 385—395 werden einige Grundlehren der Dioptrik vorausgeschickt. Auf die Betrachtung der Lichtbrechung überhaupt (385) folgen die weiteren Eigenschaften brechender Medien das Licht zu sammeln oder zu zerstreuen (386), indem die bezüglichen Hauptthatsachen namentlich der Lichtsammlung in 387 bis 393 an den Linsengläsern der Optiker erläutert werden. Diese letzteren

bieten zwar nicht den einfachsten Fall, wohl aber die demonstrirbarsten und bekanntesten Objekte für eine einleitende Betrachtung dar.

Das Auge ist ein zusammengesetztes System lichtbrechender Medien. Man hätte demnach die Brechung von einem Medium zum andern zu bestimmen; eine an sich sehr umständliche Aufgabe, die jedoch ausserordentlich vereinfacht werden kann, indem nämlich zwischen dem Gang der Lichtstrahlen im ersten und im letzten Medium Beziehungen stattfinden, welche ein 393 erörtertes einfaches Construktionsverfahren zur Bestimmung der Richtung der Strahlen im letzten Medium gestatten. Zur Einleitung aber und selbst theilweisen Motivirung der betreffenden Regeln wird der einfachste Fall lichtsammmelnder Anordnungen vorangeschickt: die Brechung in einem bloss aus 2 Medien bestehenden Sammelsystem (391). Der physiologische Theil, von 395 an, betrachtet die dioptrischen Eigenschaften des Auges selbst und deren Abänderungen, sowie die Bestimmung der Netzhautbildchen gegebener Objekte.

a) Physikalische Dioptrik.

385. Lichtbrechung.

Ein Lichtstrahl, der senkrecht übergeht aus einem Medium in ein zweites von anderer Dichtigkeit, setzt seine ursprüngliche Richtung fort; fällt er aber schief auf, so verändert er im zweiten Medium seine Richtung, er wird »gebrochen«. Jedoch liegen der einfallende und der gebrochene Strahl in derselben Ebene.

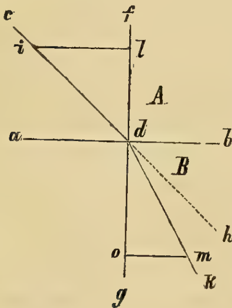


Fig. 71.

ab sei die Grenze des dünneren Mediums A und des dichteren B; cd die Richtung des einfallenden Strahles; fg eine durch den Einfallspunkt d auf ab gezogene Senkrechte (Einfallsloth); also cdf der Einfallswinkel des Strahles. Letzterer geht in B nicht in der Richtung dh fort, sondern er wird in dem dichteren Mittel dem Einfallsloth zugelenkt, seine Richtung sei dk. Macht man nun $di = dm$ und zieht von i und m Senkrechte auf fg, so ist $\frac{il}{om}$ der Brechungscoëfficient; derselbe ist immer grösser als 1 beim Uebergang in ein dichteres Medium; in Fig. 71 ist $il = 3$, $om = 2$ Längeneinheiten, also das Brechungsverhältniss $3/2 = 1{,}5$. Geht umgekehrt der Strahl kd aus B in A über, so wird er in dem dünneren Mittel von dem Einfallsloth abgelenkt, seine Richtung ist jetzt dc und das Brechungsverhältniss $= \frac{om}{il}$ also kleiner als 1, was immer der Fall ist beim Uebergang aus einem dichteren Medium in ein dünneres.

Zur Vergleichung der Brechungsvermögen der Körper nimmt man immer an, dass die Lichtstrahlen übergehen aus Luft in den brechenden Körper;

dann ist der Brechungscoëfficient z. B. des Wassers 1,336 (rund $^4/_3$), des Glases 1,535 ($^3/_2$). Diese Werthe stellen den sog. absoluten Brechungscoëfficienten dar. Ist letzterer von zwei Körpern gegeben, so folgt daraus die Stärke der Brechung, wenn das Licht aus einem dieser Körper übergeht in den andern: der sog. relative Brechungscoëfficient. Die Brechungen sind am stärksten zwischen Gasen einerseits und tropfbarflüssigen oder festen Körpern andererseits; geringer zwischen letzteren unter sich. Das Glas z. B. bricht stärker das Licht als Wasser, also muss ein Lichtstrahl beim Uebergang vom Wasser in Glas wiederum dem Einfallsloth zugelenkt werden; der relative Brechungscoöfficient für diesen Fall ist somit $\frac{1,535}{1,336} = 1,149$.

386. Lichtsammelnde und zerstreuende Anordnungen.

Die durchsichtigen Medien des Auges bieten Trennungsflächen, die als sphärisch angenommen werden können; die physiologische Dioptrik beschränkt sich desshalb auf den Gang der Lichtstrahlen in Medien von der angegebenen Form. Man unterscheidet 2 Hauptsysteme solcher dioptrischen Anordnungen: je nachdem die weniger brechende Substanz auf der convexen oder der concaven Seite der Trennungsfläche liegt. Im ersten Fall werden die Strahlen nach der Brechung einander genähert: sammelndes System; im zweiten Fall werden sie nach der Brechung von einander entfernt: zerstreuendes System.

Die Linsen der Optiker gehören hieher; sie zerfallen in convexe (sammelnde) und concave (zerstreuende).

387. Convexlinsen.

Das Prototyp ist die *bi*convexe Linse mit gleichmässigen Krümmungen beider sphärischen Oberflächen. Alle anderen Sammellinsen bieten übrigens dieselben Grundnormen. In Fig. 72 ist *c* der optische Mittelpunkt der Linse; in der Geraden, welche die Krümmungsmittelpunkte *mm* beider Linsenflächen mit einander verbindet, liegt die Hauptaxe oder Linsenaxe schlechtweg; in einer Geraden *ll'*, die gezogen wird von irgend einem ausserhalb der Hauptaxe liegenden Leuchtpunkt *l* durch den optischen Mittelpunkt der Linse, liegt eine Nebenaxe; es giebt also unendlich viele Nebenaxen.

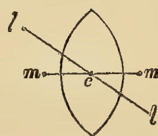


Fig. 72.

I. Strahlen, die parallel mit der Hauptaxe, d. h. von unendlich weit entfernten Leuchtkörpern, auf die Linse fallen, werden so gebrochen, dass sie sich hinter der Linse schneiden und zwar in einem Punkt der verlängerten Hauptaxe: dem Focus, Hauptbrennpunkt (*f* Fig. 73). Der Abstand der letzteren von (dem optischen Mittelpunkt) der Linse heisst die Brennweite der Linse.

II. Fallen von irgend einem Punkt der verlängerten Hauptaxe divergirende

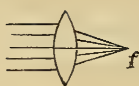


Fig. 73.

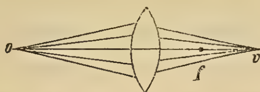


Fig. 74.

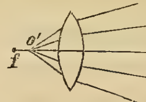


Fig. 75.

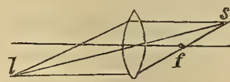


Fig. 76.

Strahlen auf die Linse, so sind 3 Fälle möglich: a) der Leuchtpunkt ist jenseits des Focus (*o* Fig. 74), dann vereinigen sich die Strahlen hinter der Linse in einem Punkt der verlängerten Hauptaxe: dem sog. Vereinigungspunkt (*v*). Letzterer liegt dem Focus um so näher, je mehr der Leuchtpunkt sich von der Linse entfernt. b) Der Leuchtpunkt liegt im Focus; nach der Brechung gehen die Strahlen parallel mit der Hauptaxe weiter (der umgekehrte Gang von Fig. 73). c) Der Leuchtpunkt (*o'* Fig. 75) liegt zwischen Focus und Linse. Nach der Brechung divergiren die Strahlen immer noch, jedoch weniger als vorher.

Liegt der Leuchtpunkt (*l* Fig. 76) in einer Nebenaxe und zwar in grösserem Abstand von der Linse, als deren Brennweite beträgt, so werden die Strahlen, die derselbe divergirend ausschickt, vereinigt hinter der Linse in einem Punkt *s* der verlängerten Nebenaxe. Bezüglich des Abstandes des Vereinigungspunktes hinter der Linse gilt dieselbe Norm wie unter II. a.

388. Bilder der Convexlinsen.

Solche Linsen entwerfen von Objekten, die jenseits ihres Focus sich befinden, reelle verkehrte Bilder, die auf einem Schirm aufgefangen werden können. Es handelt sich hierbei um I. Vereinigungsweite des Bildes, d. h. Abstand desselben hinter der Linse. Derselbe hängt ab 1) vom Brechungscoëfficienten der Substanz der Linse; 2) von deren Convexität (je convexer, desto stärker sammelnd wirkt die Linse) und 3) vom Abstand des Objektes von der Linse.

II. Grösse des Bildes. 1) Das Objekt steht ab von der Linse um die doppelte Brennweite: das Bild ist so gross als das Objekt. 2) Das Objekt ist zwischen doppelter und einfacher Brennweite: das Bild ist grösser als das Objekt, aber auch weiter entfernt hinter der Linse als in 1. 3) Das Objekt ist jenseits der doppelten Brennweite: das Bild ist kleiner, aber auch der Linse näher.

Liegt das Object innerhalb der Brennweite der Linse, so ist natürlich kein Sammelbild mehr möglich.

389. Concavlinsen.

I. Strahlen, die parallel mit der Linsenaxe *oo* Fig. 77 auffallen, divergiren nach der Brechung. Verlängert man diese gebrochenen Strahlen nach rückwärts, so schneiden sie sich in einem Punkt der verlängerten Linsenaxe auf der Seite der einfallenden Strahlen, dem sog. Hauptbrennpunkt *f*. Letzterer

ist aber nicht reell, sondern virtuell (geometrisch), da die Vereinigung der Strahlen nicht wirklich geschieht.

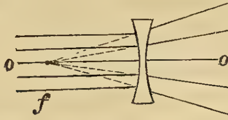


Fig. 77.

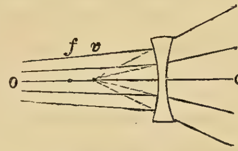


Fig. 78.

II. Fallen die Strahlen divergirend auf, so divergiren sie nach der Brechung noch mehr (Fig. 78). Verlängert man die Richtung der gebrochenen Strahlen nach rückwärts, so schneiden sie sich in einem Punkt: dem Vereinigungspukt *v*. Derselbe liegt der Linse um so näher, je divergenter die Strahlen auf die Linse fallen, d. h. je mehr der Leuchtpunkt der Linse sich nähert.

III. Convergirende Strahlen. a) Ist die Convergenz so, dass die (Verlängerungen der auffallenden) Strahlen sich schneiden im Hauptbrennpunkt (umgekehrter Fall von I, s. Fig. 77), so gehen sie nach der Brechung parallel weiter. b) Ist die Convergenz noch stärker als in a), so convergiren die Strahlen auch nach der Brechung, aber schwächer als vorher (umgekehrter Fall von II, s. Fig. 78).

Die Zerstreuungsgläser geben keine reellen Bilder, weil die von einem Leuchtpunkt ausfahrenden Strahlen durch die Linse noch divergenter werden und sich also jenseits der Linse nicht vereinigen können.

390. Optische Cardinalpunkte eines einfachen sammelnden Systemes.

Das Grundgesetz für sammelnde Systeme (die zerstreuenden interessiren uns hier nicht), von denen als einfachen vorausgesetzt wird, dass sie bloss aus zwei brechenden Medien bestehen, lautet also: Strahlen, die mit geringer Divergenz ausfahren von einem Punkt p (Fig. 79) des einen Mittels, laufen nach ihrer Brechung in demselben Punkt p' des zweiten Mittels zusammen und umgekehrt. Man nennt desshalb p und p' durch Brechung conjugirte Brennpunkte (Vereinigungspunkte).

Zur Construktion der Richtung der gebrochenen Strahlen dient folgendes Verfahren: $a\,b$ sei Trennungsfläche, m Krümmungsmittelpunkt derselben, also $d\,m$ ein Radius und $d'\,m$ das Loth für den einfallenden Strahl $p\,d$. Also ist x Einfallswinkel. Von d aus beschreibt man einen Kreis von belie-

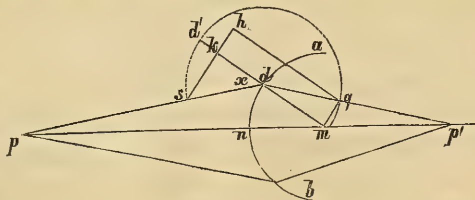


Fig. 79.

bigem Durchmesser, zieht die auf $d'm$ Senkrechte sk. Der Brechungscoëfficient sei z. B. 2. Man verlängere $sk = 2$ um $kh = 1$, ziehe mit $d'm$ die Parallele hq; die letztere schneidet den Kreis in q und dq ist die Richtung des gebrochenen Strahles. Was von pd gilt, bezieht sich auf jeden Strahl des Lichtkegels bpd; die Strahlen vereinigen sich, vorausgesetzt dass sie mit geringer Divergenz einfallen, in demselben Punkt p des andern Mittels.

Von allen Strahlen des vom Punkt p ausfahrenden Strahlenkegels dpb fällt nur ein ein einziger senkrecht, d. h. in der Richtung eines Radius des brechenden Mittels, ein; nur dieser (pn der Figur) geht ungebrochen weiter. Dieser Strahl verbindet also den Objektpunkt mit dem zugehörigen Bildpunkt; er stellt den sog. Richtungsstrahl dar. Liegen über und unter p andere Objektpunkte, so schneiden sich deren Richtungsstrahlen in demselben Punkt m (Fig. 79): dem Kreuzungs- (Knoten-)punkt der Richtungslinien.

Es sei ab, Fig. 80, Trennungsfläche eines sammelnden Systemes. Die parallel einfallenden Strahlen a bis a_4 vereinigen sich in einem Punkt p' des stärker brechenden zweiten Mittels: dem zweiten Hauptbrennpunkt (Focus), dessen Abstand von der Trennungsfläche die Hauptbrennweite heisst. Gehen umgekehrt parallele Strahlen b bis b_4 aus dem stärker brechenden Mittel in das weniger brechende, so vereinigen sie sich in einem Punkte des letzteren Mittels: dem ersten Hauptbrennpunkt p. Die Differenz der beiden Hauptbrennweiten ist = Radius (mr Fig. 80) der brechenden Fläche.

Fig. 80.

Zwei senkrecht durch die optische Axe (oo Fig. 81) am Ort des ersten und zweiten Hauptbrennpunktes (f_1 und f_2) gelegten Ebenen heissen erste und zweite (FF der Figur) Focalebene. — Eine ebenfalls senkrecht zur optischen Axe durch den Scheitelpunkt r der brechenden Fläche gelegte Ebene (hh) heisst Hauptebene und der Punkt r selbst: der Hauptpunkt.

391. Construktionsverfahren der Lichtbrechung in einem einfachen sammelnden System.

I. Die Richtung des gebrochenen Strahles kann mittelst zweier Constructionen gefunden werden: a) Man zieht, Fig. 81, vom ersten Hauptbrennpunkt bis n, d. h. zur Hauptebene (hh), eine Parallele f_1n zum einfallenden Strahl ai und von n aus die mit der optischen Axe oo Parallele nd und zwar bis zur zweiten Focalebene F; dann ist id die Richtung des gebrochenen Strahles. Oder b) man zieht vom Kreuzungspunkt m der Richtungsstrahlen aus bis zur zweiten Focalebene eine Parallele zum einfallenden Strahl und hat dann wiederum in id den Weg des gebrochenen Strahles.

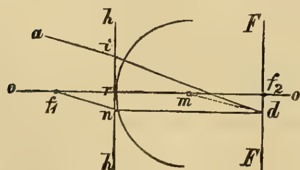


Fig. 81.

II. Bestimmung des Bildpunktes. Man zieht vom Objektpunkt *P* durch den ersten Brennpunkt eine Gerade; diese schneidet die Hauptebene in *n*. Es ist demnach, als ob Strahl Pf_1n vom Brennpunkt f_1 ausgefahren wäre; der Strahl muss somit (390) im zweiten Medium parallel zur Axe, in der Richtung *nk* weiter gehen. Sodann zieht man vom Objektpunkt aus durch den Kreuzungspunkt *m* der Richtungslinien eine Gerade; da, wo letztere die *nk* trifft, in *k*, liegt der Bildpunkt. (Statt letzteren Verfahrens kann man vom Objektpunkt aus eine mit der Axe Parallele *Ps* bis zur Hauptebene ziehen; jene, als ein mit der Axe paralleler Strahl, muss im zweiten Medium zum Hauptbrennpunkt gehen. Da, wo beide gebrochenen Strahlen sich schneiden, in *k*, liegt der Bildpunkt des Objektes.

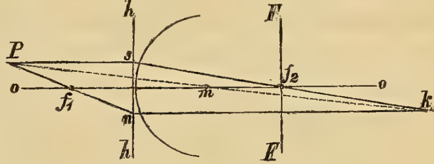


Fig. 82.

392. Bilder einfacher sammelnder Systeme.

Es sei *ab* Trennungsfläche der optischen Mittel, *ox* optische Axe, *c* Krümmungsmittelpunkt von *ab*; *mn* sei ein Objekt senkrecht auf *ox*, doch so, dass *m* und *n* nur wenig entfernt seien von *ox*. Wo vereinigen sich die Lichtstrahlen, welche ausgehen von den einzelnen Punkten *i*, *m*, *n* u. s. w. des Objektes? Punkt *i* sendet den Strahl *id* aus, dieser geht im zweiten Mittel ungebrochen weiter; alle übrigen von *i* auf *ab* ausfahrenden Lichtstrahlen schneiden sich in einem Punkt *i'* der optischen Axe, dessen Lage abhängt vom Abstand des Objektes *mn* von *ab*. Strahl *mk* des Punktes *m* muss ebenfalls ungebrochen weiter gehen, da er in *k* senkrecht auf die Trennungsfläche (in der Richtung des Radius *kc*) auffällt. Alle übrigen Strahlen, die von *m* ausgehend die Fläche *ab* treffen, vereinen sich nach ihrer Brechung in irgend einem Punkt der Linie *kp*. Da der Annahme zufolge *id* gross ist gegen das sehr kleine *mn*, so ist auch *mk* (nahezu) = *id*, also muss der Vereinigungspunkt für die von *m* auf *ab* fallenden Strahlen nahezu so weit hinter der Trennungsfläche oder hinter *c* liegen, als der Vereinigungspunkt der von *i* ausfahrenden Strahlen. Was von *i* und *m* gilt, gilt von jedem anderen Punkt des Objektes *mn*. Das Bild liegt somit in einer auf *ox* senkrechten Ebene: der (hinter der zweiten Focalebene befindlichen) zweiten Brennebene und ist, wie die Figur zeigt, verkehrt.

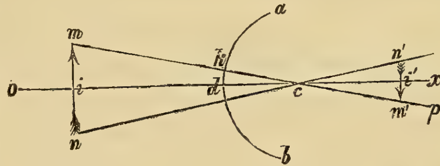


Fig. 83.

Aus der Aehnlichkeit der Dreiecke *mcn* und *n'cm'* folgt: die Grösse des Bildes verhält sich zur Grösse des Objektes, wie *i'c* zu *ci*, d. h. wie der Abstand

des Bildes und des Objektes vom Krümmungsmittelpunkt. Gerade Linien von den einzelnen Bildpunkten gezogen zu den Objektpunkten heissen Richtungslinien (390), sie schneiden sich in *c*: dem sog. Knotenpunkt. Die Betrachtung der Figur zeigt weiter: 1) Objekt und Bild sind gleich gross, wenn sie gleich weit abstehen von *c*. 2) Entfernt sich das Objekt von *ab*, so nähert sich *n' m'* gegen *c*: das Bild wird kleiner. 3) Nähert sich *mn* gegen *ab*, so entfernt sich *n' m'* von *c*: das Bild wird grösser. Die Bilder sind in 1 — 3 allemal reell, d. h. die Strahlen vereinigen sich wirklich. 4) Ist das Objekt im ersten Hauptbrennpunkt, so ist kein Bild möglich, weil nach der Brechung die Strahlen parallel laufen, also sich nicht vereinen. 5) Ist das Objekt zwischen dem ersten Hauptbrennpunkt und der Trennungsfläche, so kann noch weniger ein reelles Bild entstehen, da die von einem Punkt des Objektes ausfahrenden Strahlen auch nach der Brechung divergiren (Fig. 84). Werden diese divergirenden Strahlen *n' n'* nach rückwärts verlängert, so schneiden sie sich in *N*. *NM* ist demnach das virtuelle Bild von *nm*, es ist grösser und aufrecht.

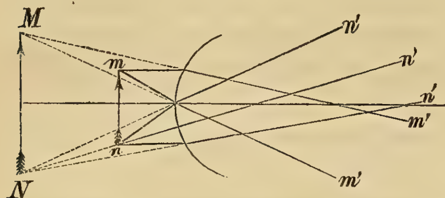


Fig. 84.

393. Optische Cardinalpunkte in einem zusammengesetzten sammelnden System.

Durchsetzt, wie das auch im Auge der Fall ist, ein Strahl mehrere brechende sphärische Medien, so hat man so viele »Hauptpunkte« als Trennungsflächen. Man kann aber statt aller dieser nur zwei Punkte substituiren, sodass der einfallende und der zuletzt gebrochene Strahl, d. h. die Richtung irgend eines Strahls im ersten und letzten Medium, analoge Beziehungen bietet, wie bei bloss einmaliger Brechung (Gauss). Die umständliche Aufgabe kann somit durch ein einfaches Constructionsverfahren, ähnlich dem in 391 geschilderten, gelöst werden. Listing hat diese Methode zuerst in die physiologische Optik eingeführt. Man unterscheidet 3 Paare optischer Cardinalpunkte, die in der optischen Axe, *oo* Fig. 85, des Systemes liegen.

Erster Hauptbrennpunkt, f_1 (sammt der durch denselben, senkrecht auf *oo* gelegten ersten Focalebene F^1). Strahlen, die von f_1 ausfahren, (also auch Strahlen, die durch f_1 gehen) laufen nach der Brechung parallel zur optischen Axe des Systemes, z. B. $f_1 n$ wird nach *nd* gebrochen. Strahlen, die ausfahren von einem Punkt von F_1, verlaufen nach der Brechung parallel unter einander.

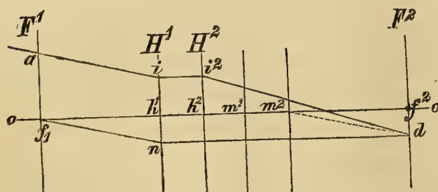


Fig. 85.

Zweiter Hauptbrennpunkt, f_2 (zweite Focalebene F_2). In f_2 schneiden sich alle Strahlen, die vor der Brechung parallel zur Axe verliefen. Strahlen, die im ersten Medium parallel waren, schneiden sich in irgend einem Punkt von F_2 (also z. B. *ai* und *fin* in *d*).

Der erste und zweite Hauptpunkt h^1 und h^2 sowie die gleichnamigen Hauptebenen H^1 und H^2 sind so substituirt für den alleinigen Hauptpunkt und die einzige Hauptebene in 394, dass H^1 für den einfallenden und H^2 für den zuletzt gebrochenen Strahl die Bedeutung von *hh* der Figuren 81 und 82 hat. Strahlen des ersten Mediums, die so gerichtet sind, dass sie sich im ersten Hauptpunkt schneiden, verlaufen im letzten Medium derartig, dass sie sich im zweiten Hauptpunkt schneiden.

Knotenpunkte: Zieht man in einem zusammengesetzten, sammelnden System gerade Linien (Richtungslinien) von den Objektpunkten zu deren zugehörigen Bildpunkten, so schneiden sich dieselben nicht streng in einem einzigen Punkt der optischen Axe, d. h. ein einziger Kreuzungspunkt der Richtungslinien existirt nicht. Dafür kann man aber zwei solcher Punkte und zwei Systeme von Richtungslinien substituiren. Die erste Richtungslinie ist eine Gerade, die vom Objektpunkt *P* Fig. 95 zum ersten Kreuzungspunkt (Knotenpunkt) gezogen wird, während die zweite Richtungslinie den zweiten Kreuzungspunkt mit dem Bildpunkt, *B* der Figur, verbindet. Beide Richtungslinien sind parallel. Ein Strahl, der im ersten Medium so verläuft, dass er gegen den m_1 zielt, wird so gebrochen, dass er durch m_2 geht; d. h. m_2 ist ein Bild von m_1.

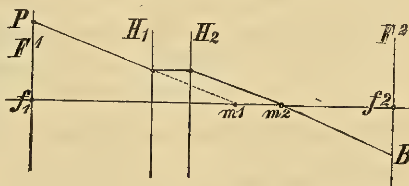


Fig. 86.

Einige weitere Beziehungen können unter Hinweisung auf 390 kurz erörtert werden. Erste Hauptbrennweite $= f^1h^1$; Zweite: $= h^2f^2$. Ferner ist Abstand $h^1h^2 = m^1m^2$; ausserdem Abstand $f^1m^1 = h^2f^2$ und $m^2f^2 = f^1h^1$ sowie $h^1m^1 = h^2m^2 = f^2h^2 = f^1h^1$.

394. Constructionsverfahren der Brechung in einem zusammengesetzten sammelnden System.

I. Richtung des Strahles nach der letzten Brechung. Der einfallende Strahl von beliebiger Richtung z. B. *ai* Fig. 85 treffe die erste Hauptebene H^1 in *i*; man zieht vom ersten Hauptbrennpunkt f_1 bis *n* die zur *ai* parallele Linie *fin* und von *n* aus eine Parallele *nd* zur optischen Axe *oo*. Von *i* zu i^2 zieht man eine zu *oo* Parallele; dann ist i^2d die Richtung des gebrochenen Strahles.

Oder man zieht vom zweiten Knotenpunkt m^2 aus bis zur zweiten Focal-

ebene F^2 eine Parallele (die punktirte Linie der Figur) zu ai und hat dann wieder i^2d als Weg des zuletzt gebrochenen Strahles.

II. Bestimmung des Bildpunktes. Man zieht vom Objektpunkt P durch den ersten Brennpunkt f^1 eine Gerade; diese schneidet die erste Hauptebene H^1 in n; der gebrochene Strahl geht parallel mit oo weiter als nk. Sodann

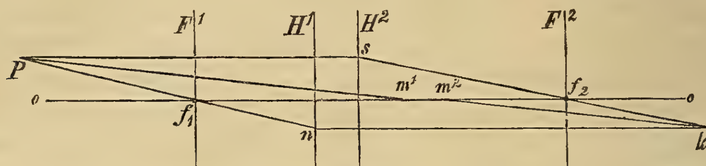


Fig. 87.

zieht man von P aus eine Gerade zum ersten Kreuzungspunkt m^1 und vom zweiten Kreuzungspunkt m^2 eine mit Pm^1 Parallele; wo letztere die Linie nk schneidet, also in k selbst, liegt der Bildpunkt von P.

Statt Pm^1 kann man auch von P aus bis zur zweiten Hauptebene H^2 die zu oo Parallele Ps ziehen und von s durch den zweiten Hauptbrennpunkt f_2 eine Gerade; wo letztere die Linie nk schneidet, in k, liegt der Bildpunkt von P.

b) Physiologische Dioptrik.

395. Dioptrische Grundwerthe der Augenmedien.

I. Brechungsverhältniss. Die lichtbrechenden Kräfte der einzelnen Medien stehen der des Wassers (1,335) mehr oder weniger nahe (Chossat, Brewster, Helmholtz, W. Krause). Die Durchschnittswerthe sind: Hornhaut 1,33 — Wässrige Feuchtigkeit 1,34 — Linse 1,45 als annähernder Mittelwerth für alle Schichten (der Linsenkern hat die stärkste Brechkraft) — Glaskörper 1,34.

II. Formen und Dicken der Augenmedien. Die ersten Bestimmungen lieferte Petit an Durchschnitten des todten Auges; ihm folgten Krause sen. u. A. Zur Ermittelung einiger Werthe können auch die Spiegelbildchen des lebenden Auges benützt werden, nach dem Vorgang von Kohlrausch. Zur Bestimmung der Corneakrümmung z. B. ist erforderlich: 1) Grösse des Leuchtkörpers, 2) dessen Abstand von der Cornea und 3) Grösse der Spiegelbildchen der Cornea (s. 400).

Der Krümmungsradius der Cornea selbst wird berechnet nach der für Convexspiegel überhaupt geltenden Norm: „Grösse des Leuchtkörpers verhält sich zur Grösse des Spiegelbildes desselben, wie der Abstand des Leuchtkörpers von der Spiegeloberfläche zum halben Radius des Convexspiegels.“

Die Hauptwerthe sind im Mittel folgende: Krümmungsradien der wichtigsten Trennungsflächen: Cornea 8 Millimet. — vordere Linsenfläche 10 — hintere Linsenfläche 6. Dicke der Medien in der optischen Axe gemessen: Cornea plus Humor aqueus 4 Millim. — Linse 4 — Glaskörper 14,6. Also beträgt der Abstand des gelben Fleckes vom Hornhautscheitel (= Länge der optischen Axe) ungefähr 22,6 Millimeter.

396. Messung der Spiegelbildchen des Auges.

Zur Bestimmung der Grösse der Spiegelbildchen im lebenden Auge dient das von Helmholtz nach dem Schema des astronomischen Heliometers construirte Ophthalmometer.

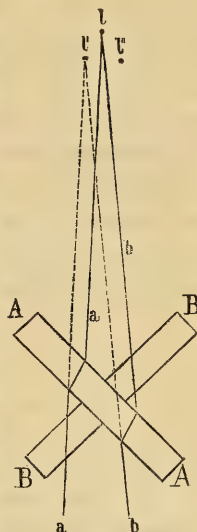


Fig. 88.

Schickt der Leuchtpunkt *l* Fig. 88, die Strahlen *a* u. *b* auf die Glasplatte *AA*, so werden dieselben gebrochen und zwar um so stärker, je schiefer sie auffallen. Nach der Brechung aber verlaufen sie parallel zu ihrer frühern Richtung; die nach rückwärts verlängerten Strahlen schneiden sich also in *l'*, wesshalb für den hinter dem Glas befindlichen Beobachter der Leuchtpunkt von *l* nach *l'* verschoben erscheint. Ist die Platte in der Lage *BB*, so erfolgt die Verschiebung nach *l''*. Bringt man also, s. Fig. 89, zwischen das Auge und die Linien *I I* zwei Glasplatten, so erscheinen die Linien am richtigen Ort, und jede derselben einfach, wenn die Gläser parallel zur Papierebene stehen. Kreuzen sich aber die Gläser, indem z. B. ihre entgegengesetzten Ränder *a* und *b* dem Auge genähert werden, so hat man das Doppelbild *II II*. Bei einer bestimmten Winkelstellung der Gläser kommen die einander zugewandten Ränder beider Doppelbilder in Berührung und das einfache Bild ist nunmehr in zwei gleichgrosse zerlegt; um diesen Punkt zu erreichen, müssen die Gläser natürlich um so mehr verschoben werden, je grösser das betrachtete Objekt ist.

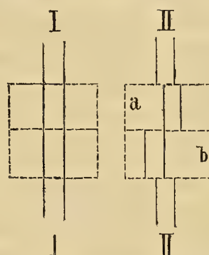


Fig. 89.

Als Objecte für die Spiegelung im Auge dienen 2 sehr schmale Gasflammen oder 2, in einem dunkelen Schirm angebrachte Löcher, hinter welche ein Lampenlicht gestellt wird. Das Ophthalmometer selbst besteht im Wesentlichen aus 2 über einander stehenden Glasplatten, die in einem Kästchen vor dem Objectiv eines Fernrohres so angebracht sind, dass sie um eine vertikale Axe im entgegengesetzten Sinne gedreht werden können. Die Axe des Fernrohrs geht durch den Kreuzungspunkt der Gläser und halbirt bei allen Stellungen der letzteren den von ihnen eingeschlossenen Winkel. Bei einer bestimmten Winkelstellung der Glasplatten stehen die von einander abgewandten Ränder beider Doppelbilder um das Doppelte des ursprünglichen Spiegelbildes von einander ab, d. h. die Doppelbilder berühren sich mit ihren inneren Rändern. Man kennt aber die verschiebende Wirkung der Gläser und findet dadurch die Grösse des Spiegelbildchens selbst.

Die unvermeidlichen kleinen Bewegungen des Auges machen die unmittelbare Abmessung der Abstände beider Enden der Spiegelbildchen des Auges fast unmög-

lich; das Ophthalmometer umgeht diese Aufgabe und verlangt zunächst bloss, dass die Doppelbilder in der angegebenen Weise zur Berührung gebracht werden.

397. Gang der Lichtstrahlen im Auge.

Das Licht durchsetzt von der Hornhaut bis zum Linsenkern successiv stärker brechende Medien; die Strahlen werden also beim Uebergang in das jeweilige nächste Medium dem Neigungsloth zugelenkt. Letzteres geschieht weitaus am stärksten beim Uebergang aus der Luft in die Hornhaut; die Differenzen der Brechkräfte der übrigen auf einander folgenden Mittel, also deren relative Brechungscoëfficienten sind viel geringer. Beim Einfallen des Lichts aus der Linse in den Glaskörper findet dagegen eine Ablenkung vom Loth statt. Die relativen Brechungscoëfficienten sind:

$$\text{Luft in Cornea} = 1{,}33.$$

$$\text{Cornea in Humor aqueus} = \frac{1{,}34}{1{,}33} = 1{,}006.$$

$$\text{Humor aqueus in Linse} = \frac{1{,}45}{1{,}34} = 1{,}08.$$

$$\text{Linse in Humor vitreus} = \frac{1{,}34}{1{,}45} = 0{,}92.$$

Die Linse besteht aus einer grossen Zahl von Schichten mit verschiedener Brechkraft; beim Durchgang durch die Linse erleidet also der Lichtstrahl vielfache Brechungen. Auch der Glaskörper u. s. w. ist kein ganz gleichartiges dioptrisches Medium. Die Oberflächen der Medien sind keine genauen Kugelflächen; ebensowenig liegen die Krümmungsmittelpunkte der Trennungsflächen genau in einer Linie (d. h. eine optische Axe im strengsten Sinn giebt es nicht, Helmholtz). Aus diesen und anderen Gründen ist nur eine genäherte Lösung der dioptrischen Aufgabe möglich.

Man kann übrigens für viele Fälle die Aufgabe vereinfachen, indem man mit Listing bloss 3 brechende Medien annimmt: 1) eine homogene Krystallinse, mit denselben Brechungscoëfficienten in allen Schichten, 2) ein Cornea-humoraqueussystem und 3) den Glaskörper; mit der weiteren Annahme eines und desselben Brechungscoëfficienten: 1,34 für beide Medien 2 und 3.

398. Construktion des Lichtganges im Auge.

Aus den Abmessungen des 395 leitete Listing für die optischen Cardinalpunkte des (mittleren) Auges folgende Werthe in Millimetern ab:

Abstand des 1. Hauptbrennpunktes	vor der Cornea	12,83
» » 2. » »	hinter der hinteren Linsenfläche	14,6
Abstand des 1. Hauptpunktes	hinter der Vorderfläche der Cornea	2,17
» » 2. » »	hinter der Vorderfläche der Cornea	2,57
» » 1. Knotenpunktes	hinter der Vorderfläche der Cornea	7,24
» » 2. » »	hinter der Vorderfläche der Cornea	7,64
» » 2. Knotenpunkts vor der Hinterfläche der Linse		0,36
» » 1. Focus vom 1. Hauptpunkt (= erste Hauptbrennweite)		15,00
» » 2. » » 2. » » (= zweite Hauptbrennweite)		20,07

Figur 90 giebt diese Abmessungen in doppelter linearer Grösse; die Con-

struktion des Lichtganges durch das Auge geschieht (die Buchstaben haben die

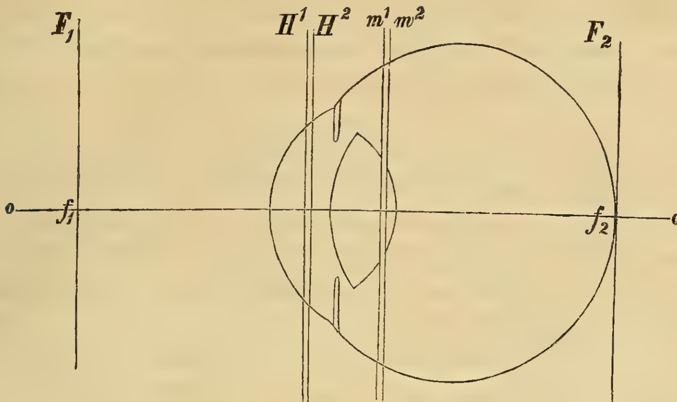


Fig. 90.

Bedeutung wie in Fig. 87) nach der Regel des 394. Die genannten optischen Cardinalpunkte stellen Mittelwerthe dar unter der weiteren Voraussetzung eines Ruhezustandes des Auges.

Die beiden Hauptpunkte, sowie die Knotenpunkte liegen einander so nahe (4/10 Millimeter), dass sie für die meisten Untersuchungen als zusammenfallend betrachtet werden können. Man hat dann einen einzigen Kreuzungspunkt der Richtungslinien, 15,2 Millimeter vor der Netzhaut, in welchem alle Geraden sich schneiden, die von den Objektpunkten zu deren entsprechenden Retinalbildpunkten gezogen werden. Die beiden äussersten Richtungslinien (*mc* und *nc* Fig. 83, auf welche verwiesen werden kann) schliessen ein den sog. Sehwinkel *mcn*; der Scheitel desselben liegt im »Kreuzungspunkt« *c*. Man hat also 2 ähnliche Dreiecke und kann die Grösse des Netzhautbildchens n^1m^1 berechnen, wenn gegeben ist: 1) Grösse *nm* des Objectes; 2) dessen Abstand *ci* vom Kreuzungspunkt *c* und 3) Abstand des Kreuzungspunktes ci^1 von der Netzhaut. Es ist nämlich $ic : ci^1 = mn : m'n'$.

399. Netzhautbildchen zugleich gesehener Objekte von verschiedener Entfernung.

Wir sehen vollkommen deutlich jeweils nur in bestimmten Entfernungen; die Strahlenbüschel, die von den Einzelpunkten der scharf gesehenen Objekte in das Auge fallen, vereinigen sich auf der Retina und entwerfen somit die geforderten gut contourirten Bildchen. Weniger deutlich erscheint uns aber, was diesseits des fixirten Objektes liegt, weil die Strahlen, die von den näher liegenden Objektpunkten ausfahren, sich erst hinter der Retina vereinigen. Aber auch das jenseits der fixirten Objekte Gelegene kommt uns undeutlich vor; die betreffenden Strahlenbüschel vereinen sich vor der Retina und fahren dann wieder aus einander. In beiden Fällen des Undeutlichsehens treffen

also die von einem Objektpunkt aus in das Auge fallenden Strahlen nicht einen Punkt, sondern eine Fläche der Retina; sie bilden auf derselben einen sog. Zerstreuungskreis. Durch das Ineinandergreifen der Zerstreuungskreise benachbarter Objektpunkte werden die Netzhautbilder mehr oder weniger undeutlich.

Diese Lehrsätze beweist am besten ein Versuch Scheiner's. Sticht man durch ein Kartenblatt zwei Löchelchen, die etwas näher beisammen stehen als die Pupille breit ist, und betrachtet man durch dieselben eine nahe Nadel *n* Figur 91, so erscheint diese einfach und deutlich, die fernere *f* aber doppelt

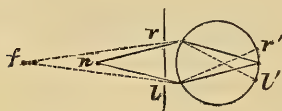


Fig. 91.

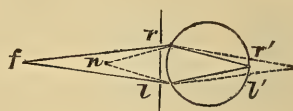


Fig. 92.

und weniger deutlich. Die von *n* ausfahrenden Strahlen schneiden sich auf der Retina, die von *f* ausgeschickten aber vor der Retina; sie treffen die beiden Retinalstellen *l'* und *r'*, *f* wird also doppelt gesehen. Fixirt man aber Figur 92 *f*, so entwirft *n*, dessen Strahlen erst hinter der Retina sich schneiden, zwei Retinalbilder in *r'* und *l'*, und erscheint nunmehr doppelt.

Schliesst man das eine Loch, so verschwindet in Figur 91 das Doppelbild derselben Seite, in Fig. 92 dasjenige der anderen Seite (Porterfield). Es sei z. B. *r* das rechte Loch; die durch *r* von *n* ausgeschickten Strahlen treffen also in Fig. 92 eine relativ rechte Stelle *(r')* der Retina. Was im Retinalbild rechts liegt, erscheint uns aber als ein linkes im Sehfeld; also verschwindet beim Zuhalten eines Loches in Fig. 92 das Doppelbild der anderen Seite.

c) Accommodation.

400. Accommodationsänderungen im Auge.

Aus 399 ergibt sich unmittelbar die Nothwendigkeit bestimmter, in inneren Veränderungen des Auges bestehender Einrichtungen, vermöge welcher die jeweils fixirten Objekte ein genaues Netzhautbild entwerfen können. Diese dioptrischen Hülfsmittel der Accommodation sind von Cramer und von Helmholtz ermittelt worden. Bei dem Sehen in die Nähe wird nämlich die Linse dicker und deren Vorderfläche convexer, während beim Sehen in die Ferne die Vorderfläche der Linse sich mehr abflacht. Der Purkinje'sche Versuch (382) kann verwendet werden zur Untersuchung der Natur dieser accommodativen Veränderungen. Das Spiegelbildchen der Hornhaut und der hinteren Linsenfläche ändern beim Sehen in verschiedene Entfernungen weder ihre Lage noch ihre Grösse; also bleiben die Formen jener spiegelnden Oberflächen unverändert. Dagegen wird beim Nahesehen das Spiegelbildchen der vorderen Linsenfläche kleiner, etwa um die Hälfte (Convexspiege geben um so kleinere Bilder, je stärker sie gekrümmt sind) und es rückt etwas

nach vorwärts, wie denn auch die Iris zugleich ein wenig vorwärts tritt (Huschke). Diese Thatsachen beweisen, dass beim Nahesehen 1) die Linse in ihrer Axe dicker und an ihrer Vorderfläche convexer, ihre Brennweite also viel kürzer wird, und 2) die übrigen Augenmedien sich nicht verändern. Nach Helmholtz beträgt beim Sehen in die Nähe der Krümmungsradius der vorderen Linsenfläche 6 Millimet. (also 4 Millimet. weniger als beim Fernsehen), während der Scheitel der vorderen Linsenfläche um fast ½ M. m. nach vorwärts rückt.

Dass die Linse beim Accommodationsgeschäft eine wesentliche Rolle spiele, ist seit Kepler vielfach angenommen worden. Das Accommodationsvermögen ist durch die Staaroperation, in Folge der Entfernung der Linse aufgehoben oder doch beeinträchtigt. Ausnahmen kommen allerdings vor, deren Erklärung hier nicht versucht werden kann; jedenfalls stehen alle übrigen etwaigen Accommodationseinrichtungen weit hinter den Leistungen der Linse.

L Fig. 93 sei die Flamme, *A* das beobachtende Auge; beide bilden gleiche Winkel mit der Sehaxe *O O*. Das von der Hornhaut bei 1 nach *A* geworfene Reflexbild wird projicirt auf den Punkt *a* der Pupillenfläche *P P*; das von der vordern Linsenfläche 3 herrührende Bild, welches in der Richtung 3 *A* in das Auge reflectirt wird, wird auf den Punkt *c*, das Reflexbild 4 der hinteren Linsenfläche nach *d* verlegt. Die 3 Bildchen erscheinen also in der Pupillarfläche *P P* neben einander. Wölbt sich nun die Vorderfläche der Linse bis 2, während die Oberfläche der übrigen Brechungsmedien sich nicht ändern, so bleiben die Richtungen der reflectirten Strahlen 1 *A* und 4 *A* dieselben, wogegen die vordere Linsenfläche das von *L* auffallende Licht in der Richtung 2 *A* reflectirt; das Bildchen selbst wird in den Punkt *b* verlegt, also näher bei *a* wahrgenommen.

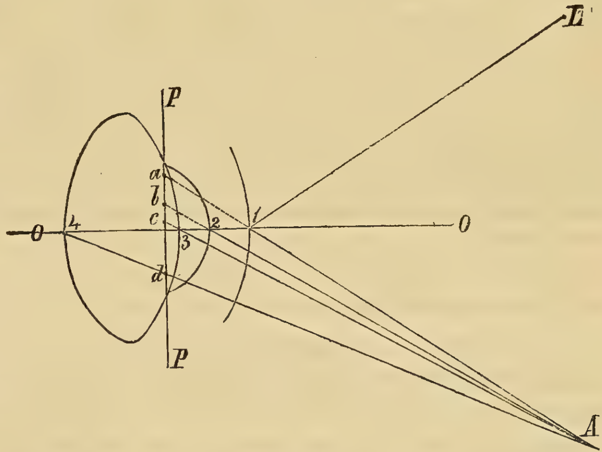


Fig. 93.

401. Accommodationsmusculatur.

Bei den accommodativen Formveränderungen der Linse spielt der von Bowmann, Brücke und H. Müller beschriebene Musc. ciliaris s. tensor choroideæ die Hauptrolle. Die Fasern desselben verlaufen von der inneren Wand des Canalis Schlemmii, also in der Richtung von der ganzen Peripherie der Hornhaut aus, nach hinten in die Processus ciliares und den vordersten Theil der Choroidea

selbst. Verkürzt sich — was beim Nahesehen der Fall ist — der Muskel, so wird zunächst die Choroidea nach vorn gezogen, also der Glaskörper gedrückt, welcher seinerseits wiederum einen Druck auf die Linse nach vorwärts ausübt. Beim Nahesehen wird die Pupille enger, die Circularfasern der Iris contrahiren sich; kommen nun auch die Radiärfasern in Thätigkeit, so muss die Iris eine gewisse Steifung erhalten; die Peripherie der Linse empfängt also einen Druck von vorn und die centraleren Theile der Vorderfläche der elastischen Linse gewinnen eine stärkere Convexität (Cramer). Das Nahesehen ist somit nicht bloss mit activer Muskelthätigkeit, sondern auch mit stärkerer Spannung der Linsensubstanz verbunden. Wir haben ein Gefühl von Druck im Auge beim anhaltenden Betrachten sehr naher Gegenstände, nicht aber beim Sehen in die Ferne; der gesammte Accommodationsapparat ist in letzterem Fall in seiner (relativen) Ruhelage.

Die Ansichten der Forscher: Cramer, Helmholtz, Donders, H. Müller u. s. w. weichen über diese Frage mehrfach von einander ab. Helmholtz erklärt das Convexerwerden der Vorderfläche der Linse anders als oben angegeben. Derselbe fusst zunächst auf dem Aufhängeapparat der Linse, welcher durch zwei Glashäute: Theile der Membranae hyaloidea und limitans gebildet wird. Dieselben sind zwischen der Ora serrata retinae und dem Corpus ciliare eine Strecke lang unter sich verwachsen, spalten sich dann aber wieder ab, sodass die Hyaloidea an die hintere, die Limitans (als Zonula Zinnii) an die vordere Fläche der Linsenkapsel und zwar an deren Peripherie inserirt. Der dadurch gebildete Raum, Canalis Petiti, enthält ein Minimum Flüssigkeit. Nach Helmholtz soll diese Aufhängung der Linse wesentlich zur beständigen Compression der Linsensubstanz beitragen. Käme nun der M. ciliaris in Thätigkeit, indem derselbe die Aderhaut sammt der anliegenden Retina etwas nach vorwärts zieht, so müsse die Zonula erschlaffen, also ihr Druck auf die Linse nachlassen; die Linse nähere sich dann ihrer natürlichen Form, d. h. sie werde dicker.

402. Zeitverhältnisse der Accommodationsänderungen.

Geht man über von einem fernen, scharf contourirten Objekt (weiss auf dunklem Grund) zu einem nahen (weissen und dünnen) Faden, so wird das im ersten Moment breite und verwaschene Bild des letzteren schnell schmaler und deutlicher, bis er mit scharfen Umrissen, ohne irgend einen Zerstreuungskreis gesehen wird. Die Accommodation von Nah auf Fern geschieht viel schneller als umgekehrt. Die erstere, entschieden leichtere Aufgabe, besteht in einem plötzlichen Nachlass der Muskelspannung (des M. ciliaris u. s. w.), sowie auch der Linsenspannung; die Federkraft der Linse muss also (im Gegensatz zu der Helmholtz'schen Theorie 401) beim Uebergang auf ferne Objekte unterstützend wirken. Die Accommodationsänderungen innerhalb zweier, dem Auge sehr naher Distanzen brauchen relativ viele Zeit.

Zu den folgenden Zeitmessungen wurde das in den Lehrbüchern der Physik beschriebene, Wheatstone'sche Chronoscop benützt (Vierordt). Der Abstand des nahen Objectes vom Auge variirte in diesen Versuchen zwischen 10 bis 64 Centimeter, das ferne Object lag constant 18 Meter ab.

Abstand des nahen Objectes vom Auge.	Zeiten in Secunden für die Accommodation. Fern auf Nah.	Nah auf Fern.
10	1,18	0,84
11	0,94	0,66
12	0,83	0,57
14	0,77	0,52
16	0,64	0,46
22	0,60	0,44
28	0,49	0,39
34	0,43	0,37
40	0,30	0,29
52	0,24	0,22
64	0,20	0,15

403. Accommodationslinie.

Wir sind jeweils nicht bloss für eine einzige Entfernung accommodirt, sondern für eine Anzahl hinter einander befindlicher Punkte des Sehfeldes. Die Linie, welche diese Punkte einschliesst, nennt Czermak die Acommodationslinie; die Länge nimmt zu mit zunehmender Entfernung des fixirten Objektes vom Auge. Wir sehen in der That alles fast gleich scharf, was liegt zwischen 200 Fusse Abstand von uns und dem Horizont. Bei sehr grosser Näherung aber sind die Meisten nahezu nur für einen einzigen Abstand accommodirt; ein vor dem Auge ungefähr in der Richtung der verlängerten Sehaxe aufgespannter Faden z. B. erscheint dann bloss an einem Punkt (oder doch nur in einer kurzen Linearausdehnung) scharf, von wo aus er nach beiden Seiten hin allmälig breiter und undeutlicher wird wegen der zunehmend grösser werdenden Zerstreuungskreise. Sehr kleine Aenderungen im Abstand der Objekte sind demnach beim Sehen in die Nähe und bei unverändert gebliebener Accommodation von grossem Einfluss auf die Deutlichkeit der Retinalbilder. Dieses ist auch ersichtlich aus nachstehender Tabelle Listing's, welche für das in die Ferne blickende Auge für Objekte näherer Distanzen angiebt 1) die Grösse der Zerstreuungskreise und 2) den Ort der Objektbilder hinter der Retina.

Abstand des Objectes vom ersten Hauptbrennpunkt in Metern.	Durchmesser des Zerstreuungskreises in Millimetern.	Abstand des Objectbildes hinter der Retina in Millimetern.
Unendlich	0	0
65	0,0011	0,005
25	0,0027	0,012
12	0,0056	0,025
6	0,0112	0,05
3	0,0222	0,10
1,5	0,0443	0,20
0,75	0,0825	0,40
0,375	0,161	0,80
0,188	0,312	1,60
0,094	0,576	3,20
0,088	0,648	3,42

404. Accommodationszustände des ruhenden Auges.

Die gesunden Augen verschiedener Menschen sind bei vollkommener Ruhe des Accommodationsapparates, je nach dem Bau ihrer dioptrischen Medien, für sehr verschiedene Entfernungen eingestellt. I) Das tiefgebaute Auge ist für divergirende Strahlen, also für mehr oder weniger nahe Objekte angepasst, d. h. es ist kurzsichtig. Im höchsten Grad nähert sich der Einstellungspunkt dem Auge bis auf 2, ja selbst $1^1/_2$ Zolle (50—40 M. m.). II) Das normalgebaute ist für parallele Strahlen, also die unendliche Ferne eingerichtet. III) Das flachgebaute (»übersichtige«) Auge ist nach Stellwag für convergirende Strahlen eingestellt; der Einstellungspunkt ist hier negativ, d. h. hinter dem Auge gelegen.

Die dioptrischen Medien des tiefgebauten Auges brechen das Licht zu stark; schwach-divergirende oder gar parallele Strahlen schneiden sich vor der Retina, so dass fernere Objekte nicht deutlich gesehen werden. Unter den zahlreichen Ursachen sind stärkere Linsenkrümmung, überhaupt ein mehr länglicher Bau des Auges hervorzuheben und die, normaliter gegen 23 M. m. lange, optische Axe kann sich bis 32 M. m. und darüber verlängern. Das für convergirende Strahlen adaptirte flachgebaute Auge bricht das Licht zu schwach, so dass in seinem Ruhezustand parallele, geschweige denn divergirende, Strahlen erst hinter der Netzhaut zur Vereinigung kommen können. Die Hornhaut oder Linse ist abgeplattet und überhaupt die Länge der optischen Axe verkleinert. Beide Abweichungen vom Normalbau können angeboren oder erworben sein.

Einstellungen für Strahlen geringer Di- oder Convergenz gelten, praktisch genommen, noch als normale, sowie andererseits das Normalauge solche Strahlenkegel ohne Accommodationsanstrengung noch deutlich sieht.

Kurzsichtig gebaute Augen bedürfen um fernere Gegenstände deutlich zu sehen Zerstreuungsgläser (Concavbrillen). Diese unterscheiden sich je nach ihrer Stärke (Brennweite) d. h. dem Abstand ihres (virtuellen) Brennpunktes von der Linse. Die stärksten Gläser sind diejenigen, welche am meisten zerstreuend wirken; ihre Brennweite ist klein, nämlich nur wenige, selbst bloss 2 Zolle und darunter. Die Brillen sind nach ihren Brennweiten numerirt. Der Mangel des übersichtigen Auges wird durch Sammelgläser (Convexbrillen) verbessert.

405. Accommodationsbreite des thätigen Auges.

Die (meisten) Augen sind im Zustand der Ruhe des Accomodationsapparates auf diejenige grösste Entfernung eingestellt, innerhalb welcher sie noch deutlich sehen können, den sog. Fernpunkt oder besser Ruhepunkt. Die Accommodationsarbeit bewirkt also immer Einstellungen auf geringere Abstände; der der grössten Accommodationsanstrengung entsprechende Punkt heisst Nahpunkt. Derselbe entfernt sich um so mehr vom Ruhepunkt, gleiche Lage des letzteren vorausgesetzt, je stärker die Linse gewölbt werden kann. Die zwischen dem

Ruhe- und Nahpunkt gelegene Distanz heisst Accommodationsbreite (Acc. amplitude, Sehweite), was ausserhalb derselben liegt, kann nicht mehr deutlich gesehen werden. Mittlere Sehweite heisst diejenige, für jedes Auge sehr konstante Entfernung, in welche wir die Objekte, namentlich mittlere Druckschriften bringen, wenn wir dieselben möglichst genau, anhaltend und mit relativ geringster Anstrengung sehen wollen. Dieselbe beträgt für das Normalauge 8—10 Zolle.

406. Einfluss des Augenbaues auf die Accommodationsbreite.

Das Normalauge sieht auf die grössten Entfernungen deutlich; sein Ruhepunkt liegt also unendlich weit ab, sein Nahpunkt nähert sich dem Auge bis auf $5^1/_2$ — 5 Zoll (13 — 12 C. M.), bei Einzelnen sogar noch ein wenig darüber; die Accommodationsbreite ist somit unendlich gross. Beim kurzsichtig gebauten Auge ist der Ruhepunkt mehr oder weniger nahe und der Nahpunkt rückt auf 4 bis selbst 2 Zoll und noch mehr an das Auge heran. Die Accommodationsbreite ist daher selbst bei normaler Funktionirung des Accommodationsapparates gering. Die von Stellwag, Donders und Jäger jun. untersuchte Uebersichtigkeit ist um so mässiger, je weniger die Strahlen convergiren, für welche das ruhende Auge eingestellt ist, je weiter also der Convergenzpunkt der Strahlen hinter dem Auge liegt. Die zunehmende Accommodationsarbeit bewirkt hier der Reihe nach Einstellungen für schwächer convergirende, für parallele endlich selbst für divergirende Strahlen und zwar im letzteren Fall so, dass der Nahpunkt dem Auge ziemlich nahe rücken kann. Der Ruhepunkt (Fernpunkt) ist also negativ, der Nahpunkt positiv, die Accommodationsbreite unendlich gross sowohl negativ als positiv, doch so dass bei schwacher Uebersichtigkeit der positive Theil überwiegt. In hohen Graden von Uebersichtigkeit dagegen bringt es selbst die grösste Accommodationsanstrengung nur zu Einstellungen für mindere Convergenzen; die Accommodationsbreite bleibt also negativ und gering.

Die Leistungen des Accommodationsapparates sind demnach, selbst bei normaler Functionsgrösse desselben, sehr verschieden bei verschieden gebauten Augen. Der Normalbau ist am günstigsten gestellt, er hat selbst gar keine Accommodationsarbeit nöthig, um von unendlicher Ferne bis auf einige 60 Meter überzugehen, weil bei letzterem Abstand die Objectpunkte auf der Retina Zerstreuungskreise von bloss 0,001 M.m. Durchmesser bilden, die wegen ihrer Kleinheit nicht stören (402 Tabelle). Die stärkere Accommodationsarbeit beginnt hier erst bei bedeutenderen Näherungen der Objecte. Aus letzterem Grunde braucht das kurzsichtig gebaute Auge immer Accommodationsanstrengungen, um von seinem Ruhepunkt auf nähere Distanzen überzugehen. Auch das Uebersichtige verwendet, selbst im günstigsten Fall, bereits einen kleinen Theil seiner Accommodationsanstrengung, um sich nur für die unendliche Ferne einzurichten.

406ª. Einfluss der Functionirung des Accommodationsapparates auf die Accommodationsbreite.

Die Leistungsfähigkeit der Accommodationsmuskeln wird beeinträchtigt 1) durch Abnahme ihrer Contractionsfähigkeit — sie kann sogar gänzlich ver-

loren gehen — und 2) dadurch, dass dieselben in einer bei der organischen Muskulatur wohl möglichen beständigen activen Spannung begriffen sind. Die Leistungsfähigkeit der Krystalllinse nimmt ab mit der, namentlich im höheren Alter erfolgenden zunehmenden Dichtigkeit ihrer Substanz, wodurch ihre Wölbungsfähigkeit gemindert wird. Auch dürfte das Aufhängeband der Linse, je nach seiner Nachgiebigkeit u. s. w. von Einfluss auf die Spannungsgrade der Linsensubstanz sein. Diese Verhältnisse führen zur Fernsichtigkeit und Nahsichtigkeit (Presbyopie und Myopie), Ausdrücke, die sich auf die Functionsanomalien des accommodativen Apparates beziehen, im Gegensatz zu den vom Augenbau bedingten Zuständen der Kurzsichtigkeit und Uebersichtigkeit. Der Fernsichtige kann mittelst seiner Accommodationsarbeit den (+ oder —) Nahpunkt nicht gehörig weit vom Ruhepunkt entfernen; die Energie der Accommodationsmuskeln ist gemindert, die Linse resistenter geworden u. s. w. Der (positive) Nahpunkt liegt ungewöhnlich weit, 12 — 20 — 30 und mehr Zolle vor dem Auge. Tritt diese Funktionsanomalie bei in hohem Grade Uebersichtigen, deren Nahpunkt negativ bleibt, auf, so nennt man sie auch wohl »negative Kurzsichtigkeit«. Im Auge des Nahsichtigen ist die Accommodationsmuskulatur niemals vollständig erschlafft, oder das Aufhängeband gestattet keine gehörige Abspannung der Linse u. s. w.; das Auge erleidet also einen entsprechenden Verlust an grösseren Sehweiten, der Ruhepunkt nähert sich dem Auge auf 12 bis 6 und noch weniger Zolle, der Nahpunkt auf 4 bis 2 Zolle und darüber.

Innerhalb seiner engen Accommodationsbreite sieht der Nahsichtige (und Kurzsichtige) vollkommen deutlich; indem er die Gegenstände dem Auge sehr nahe bringt, erblickt er sie unter grösseren Sehwinkeln und Lichtstärken und sieht desshalb kleine Objecte deutlicher als der Normalsichtige.

406b. Maass des Accommodationsvermögens.

Die Grösse der Accommodationsbreite kann nur dann als relatives Maass des Accommodationsvermögens verschiedener Augen gelten, wenn die Ruhepunkte gleichweit entfernt sind. Da aber letztere die grössten Unterschiede bieten, so müssen sie auf denselben Abstand gebracht werden, am besten in unendliche Ferne wie beim Normalauge. Man hat demnach die Aufgabe: 1) für das kurzsichtig gebaute Auge das schwächste Concavglas, für das übersichtige das stärkste Convexglas zu finden, durch welches dieselben in sehr grosse Entfernung deutlich sehen können. (Als Probeobjekte reichen grosse Lettern auf etwa 30 Fuss Abstand hin.) 2) Den Nahpunkt zu ermitteln, beim Normalauge unmittelbar, bei den 2 anderen Classen mit Benützung der oben definirten Brillengläser. Die absoluten, negativen oder positiven Accommodationsbreiten sind nunmehr als positive und vergleichbare ausgedrückt.

Für einen Kurzsichtigen und einen Uebersichtigen seien z. B. Brillennummern — 12 und + 24 nöthig. Die bei Benützung dieser Brillen bestimmten Nahpunkte beider seien 6 und 8 Zoll, der Nahpunkt eines Normalauges 5 Zoll.

Die Brillennummern drücken aber nicht bloss die Brennweite der Gläser aus, durch welche der (absolute) Ruhepunkt jener Augen in die unendliche Ferne verlegt wird, sondern auch den Abstand jener (positiven und negativen) Ruhepunkte von den Augen. Ferner geben die gefundenen Zahlen für den Nahpunkt nicht bloss die vergleichbaren Nahpunkte, sondern auch als Nenner eines Bruchs mit dem Zähler 1 annähernd die »vergleichbaren Accommodationsbreiten«, mit andern Worten die vergleichbaren Grössen des Accommodationsvermögens, welche sich demnach in obigen Beispielen verhalten wie $\frac{1}{6} : \frac{1}{5} : \frac{1}{8}$. Also ist $\frac{1}{5}$ die normale vergleichbare Accommodationsbreite des Erwachsenen. Ueber die Alterseinflüsse s. die Angaben Jäger's in § 602.

Diese normale vergleichbare Accommodationsbreite können demnach auch Kurzsichtige und Uebersichtige zeigen. Ein kurzsichtig gebautes Auge z. B. mit einem absoluten Ruhepunkt von 20 und einem absoluten Nahpunkt von 4 Zollen, das somit Glas — 20 bedarf, und durch dieses seinen relativen Nahpunkt auf 5 Zoll bringt, hat ein normales Accommodationsvermögen.

Der absolute Nahpunkt in obigen Beispielen ist für den Kurzsichtigen 4 Zolle, da $\frac{1}{6} + \frac{1}{12} = \frac{3}{12} = \frac{1}{4}$; für den Uebersichtigen $\frac{1}{8} - \frac{1}{24} = + \frac{1}{12}$, d. h. er liegt 12 Zoll vor dem Auge. Wäre aber die zum Sehen in die Ferne erforderliche Convexbrille + 10, der mittelst dieser bestimmte relative Nahpunkt 20 Zoll, so ist $\frac{1}{20} - \frac{1}{10} = - \frac{1}{20}$ d. h. der Nahpunkt liegt 20 Zoll hinter dem Auge. Ist die Differenz beider Brüche $= 0 = \frac{1}{\infty}$, so liegt der Nahpunkt in unendlicher Ferne.

406c. Optometer.

Sie dienen zur Bestimmung des Nah- und Ruhepunktes. Ausser dem im vorigen § erwähnten Verfahren wendet man noch folgende Vorrichtungen an. Die einfachsten bestehen in irgend einem schmalen Objekt, z. B. einer Nadel, oder einem Gitter feiner Drähte, welches längs eines graduirten Stabes verschoben werden kann (v. Gräfe), oder in einem langen schwarzen Lineal, auf dem ein weisser Faden aufgespannt ist (Lehot). Innerhalb der Sehweite erscheint das betreffende Objekt deutlich, diesseits des Nah- und jenseits des Fernpunktes aber zunehmend weniger genau contourirt. Andere Optometer beruhen, nach Porterfield's Vorgang auf dem Scheiner'schen Versuche (399). Das



Fig. 94.

Stampfer'sche besteht aus 2 in einander verschiebbaren Röhren von über 1 Fuss Länge. Die äussere Röhre ist an dem einen Ende, *a* Fig. 94, mit einer dünnen Metallplatte verschlossen, in der zwei feine parallele Spalten nahe bei einander angebracht sind. Eine mit nur einer Spalte versehene Metallplatte verdeckt das vordere Ende *b* der innern Röhre. Das hintere Ende *c* der letz-

teren ist mit einem Milchglas bedeckt. Blickt man durch die Spalten *a*, so erscheint bei einem bestimmten Abstand von *a* und *b* die Spalte *b* einfach d. h. sie steht vom Auge ab um die Weite des deutlichen Sehens; dagegen sieht man die Spalte *b* doppelt, wenn die innere Röhre stark eingeschoben oder ausgezogen wird, d. h. diesseits des Nah- und jenseits des Fernpunktes. Diese Werthe werden an einer längs einer Seite der innern Röhre angebrachten Scala unmittelbar abgelesen. Der Accommodat ionszustand durch die engen Löcher und Spalten beim Scheiner'schen Versuch kann aber vom gewöhnlichen abweichen (Volkmann, Czermak), desshalb geben in manchen Fällen diese Optometer weniger brauchbare Resultate, als die oben erwähnten einfachen Apparate.

406[d]. Brillen.

Man verbessert die Mängel der Accommodation theilweis mittelst passender Brillen. Dieselben haben nicht etwa die Aufgabe, die normale Accommodationsbreite herzustellen, sondern nur eine bessere, als das unbewaffnete Auge gewährt. Die (in den Lehrbüchern der Augenheilkunde nachzusehenden) Regeln ihrer Anwendung richten sich nach dem vorhandenen Augenfehler und den sehr verschiedenartigen Zwecken, die man durch die Brillen zu erreichen sucht. Will man bei einem Nahsichtigen z. B. die normale »mittlere Sehweite« gewinnen, also eine Einstellung auf 8—10 Zolle, so multiplicire man diesen Werth mit der Sehweite des Individuums z. B. 4 Zoll und dividire das Produkt durch die Differenz beider Grössen. Man hat also $\frac{10 \cdot 4}{6} = 6, 6$, also etwa Nummer 7 der Concavgläser. Bei der Auswahl der für den Fernsichtigen nöthigen Convexbrille gilt dieselbe Regel.

Zur Wahl der richtigen Brillennummern dienen auch die Optometer. Das Stampfer'sche erhält in der Regel, um kürzere Röhren anwenden zu können, eine Convexlinse von etwa 5 Zoll Brennweite unmittelbar hinter den 2 Spalten der äusseren Röhre, sowie auch ein Getriebe, welches das Verschieben der inneren Röhre leicht gestattet. Die Stelle (*b* Fig. 94), bis zu welcher die innere Röhre für ein normales Auge ausgezogen werden muss, bis Spalt *b* einfach und scharf gesehen wird, ist durch eine Marke bezeichnet. Will der Nahsichtige den Spalt einfach erblicken, so muss er die innere Röhre um so stärker einschieben, je nahsichtiger er ist, während für den Fernsichtigen ein weiteres Ausziehen als für das Normalauge nöthig ist. Für jede der betreffenden Auszugsweiten ist die entsprechende Nummer der erforderlichen Concav- resp. Convexbrille auf der Scala aufgetragen. Ist das normale Auge mit seiner passenden Brille versehen, so muss die Auszugsweite die normale sein, um Spalt *b* einfach zu sehen.

Anhang.

407. Aufgabe des Augenspiegels.

Der Augengrund erscheint schwarz, selbst beim stärksten Sonnenlicht. Die Ursache liegt nicht darin, dass das Pigment der Choroidea, wie man früher glaubte, alles in das Auge fallende Licht absorbirt; mann müsste dann jedenfalls z. B. die Eintrittsstelle des Sehnerven, hinter welcher das Pigment fehlt, sehen. Das meiste Licht wird allerdings absorbirt im Augengrund, ein Theil aber wird reflectirt; das reflectirte jedoch geht zurück zur Leuchtquelle

(Helmholtz). Da nun unsere Pupille keine Lichtquelle ist, so sendet sie auch keine Strahlen in das beobachtete Auge, sondern alles aus letzterem reflectirte Licht geht an unserer Pupille vorbei; die Pupille des Beobachteten muss uns daher schwarz erscheinen. Wird dagegen ein gehöriger Theil der reflectirten Strahlen vom Auge des Beobachters aufgefangen, so sieht dieser nicht nur den Augengrund roth leuchtend, sondern auch die grösseren Netzhautgefässe, die scheinbar gefässlose Macula lutea, die weisslich glänzende Eintrittsstelle des Sehnerven u. s. w. Der von Helmholtz erfundene Augenspiegel hat die Aufgabe, die Retina künstlich zu beleuchten und dem Beobachter sichtbar zu machen. Wir beschränken uns auf die Methode, welche ein extraoculares Bild der beleuchteten Netzhaut herstellt und dasselbe zur unmittelbaren Beobachtung bringt.

Die Augen der Albinos haben kein Iris- und Choroidealpigment; desshalb dringt etwas Licht durch deren Sclerotica, ein Theil desselben wird durch die Pupille nach aussen reflectirt, welche somit roth erscheint. Im Augengrund mancher Thiere (z. B. Katzen) befindet siah eine schillernde Membran (sog. Tapetum), dieselbe hat ein grosses Reflexionsvermögen für Licht und die Pupillen solcher Thiere erscheinen uns leuchtend, besonders in der Dämmerung; bei gänzlichem Lichtmangel leuchten sie nicht.

408. Extraoculares Bild des Netzhautbildchens.

Jeder von aussen scharf beleuchtete Retinalpunkt reflectirt nach Obigem einen Lichtbüschel durch die Pupille nach Aussen, dessen Strahlen sich wieder schneiden an einem bestimmten Ort, d. h. ein reelles extraoculares Bild entwerfen. Letzteres fällt, bei unserer Voraussetzung des deutlichen Sehens, nach Ort und Grösse zusammen mit dem äussern Leuchtkörper selbst; es ist daher, im Vergleich zu dem Retinalbildchen, umgekehrt und vergrössert. Denken wir uns den äussern Leuchtkörper weg, nehmen wir an, das Retinalbildchen *a' b'*, Fig. 95, selbst sei die ursprüngliche Lichtquelle, so wird dasselbe ein extraoculares Luftbild entwerfen, und zwar in einem der Sehweite des Auges *A* entsprechenden Abstand. Dieses Bild könnte der Beobachter *B* sehen, wenn letzterer es in seine Sehweite bringt, und zwar als ein aufrechtes Bild. Da jedoch beide Augen von einander abstehen um ihre beiden Sehweiten, so erscheint der leuchtende Augengrund nur klein und Einzelheiten werden nicht wahrgenommen.

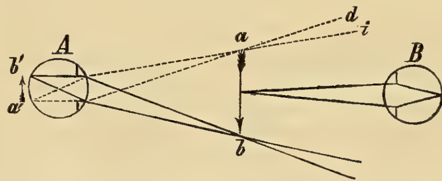


Fig. 95.

Fig. 95 zeigt, dass die Enden *a* und *b* dieses Luftbildes keine Strahlen in die Pupille *B* schicken (vom Punkt *a* fahren nämlich die Strahlen bloss aus in den kegelförmigen Raum *d a i*), sondern nur die mittleren Theile des Luftbildes. Man sieht also nur einen Theil der leuchtenden Retina.

Um das extraoculare Bild unmittelbar zu zeigen, bringt Giraud-Teulon das Auge eines Albinokaninchens in ein entsprechend grosses Loch eines undurchsichtigen Schirmes und beleuchtet das Auge von hinten mittelst einer Lampe. Von der Sclerotica der Hinterwand wird ein Stückchen von distinkter Form ausgeschnitten; man

sieht dann auf einer der Hornhaut gegenüber gestellten weissen Wand ein verkehrtes, sehr vergrössertes Bild von der Form der Scleroticalücke.

Der Abstand des Extraocularbildes von dem beobachteten Auge, *A* Fig. 95, hängt also ab von der mittleren Sehweite, sowie dem jeweiligen Accommodationszustand des beobachteten Auges. Bringt man aber mit Ruete, vor *A* eine Convexlinse *c* (Fig. 96) von kurzer (1 bis 3 Zoll) Brennweite, so wird das ebenfalls verkehrte extraoculare Bild jetzt ungefähr in der Brennweite der Linse liegen, in *a'* statt in der Brennweite des Auges *A*, in *b*, d. h. es ist dem Auge sehr genähert, kleiner, aber lichtstark, und was die Hauptsache ist, es zeigt einen constanten Abstand vom Auge *A*, welches durch die vorgehaltene Linse künstlich kurzsichtig geworden ist. Der Beobachter *B* sieht dieses Bild in der für ihn passenden Sehweite *a' B* deutlich; zweckmässig tritt er aber näher heran und vergrössert das Bild mittelst einer Loupe.

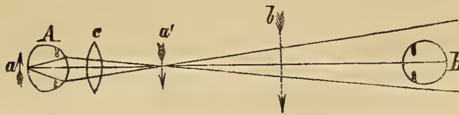


Fig. 96.

409. Beleuchtungsapparat des Augenspiegels.

Der vorhergehende § zeigt, wie die leuchtende Retina (gleichgültig, wie die Beleuchtung zu Stand kam) beobachtet werden kann; es bleibt also noch die Schilderung wenigstens einer der Beleuchtungsmethoden (z. B. der Rüte'schen) übrig. Seitlich von dem beobachteten Auge steht, in einem sonst dunkeln Zimmer, eine Lampe *l*, die den Spiegel *ss* beleuchtet, der dem beobachteten Auge *A* gegenüber steht. Eine Convexlinse *c* bewirkt, dass die Strahlen convergent auf den Spiegel *ss* fallen. Dieser wirft sie zurück nach *d* (also soweit vor dem Spiegel, als der Convergenzpunct der auf den Spiegel fallenden Strahlen hinter dem Spiegel liegt. In *d* entsteht demnach ein Spiegelbildchen der Lampe. Dasselbe wird, trotz seiner Näherung an Auge *A*, genau gesehen mittelst der Convexlinse *f*, welche *A* künstlich kurzsichtig macht; es muss somit vom Retinalpunkt *a* das extraoculare Retinalbildchen wiederum fallen auf *d*. Von hier aus fahren die Strahlen aus gegen den Spiegel *ss*, um nach der Lichtquelle reflectirt zu werden. In der Mitte des Spiegels ist ein kleines Loch; das hinter demselben

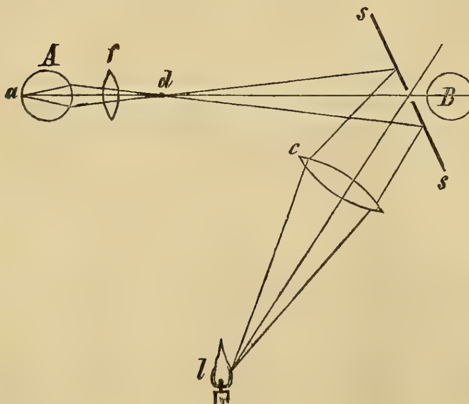


Fig. 97.

befindliche Auge *B* des Beobachters fängt also einen Theil der von *d* ausfahrenden Strahlen auf, d. h. es sieht das extraoculare leuchtende Retinalbild von *A*.

Statt des reellen umgekehrten Bildes kann auch das virtuelle aufrechte Bild der erleuchteten Retina zur Beobachtung gebracht werden.

C. Räumliches Sehen.

410. Sehfeld und Schattenfeld.

Beim Sehen vergessen wir unsern eigenen Empfindungszustand so vollständig, dass wir alle Reizungen der Retina in den äussern Raum verlegen und zwar sowohl die Netzhautbildchen äusserer Dinge, als selbst die durch Drücke, Anomalieen der Blutcirculation, Elektricität u. s. w. entstandenen Erregungen der Netzhaut und des nervösen Sehapparates. Auch diese letzteren projiciren wir in das Sehfeld und zwar mit bestimmten Gestalten und Farben. Die Formen der Körperwelt beurtheilen wir aus den Formen der Retinalbilder; jedoch erst nach einer gewissen Uebung und Erziehung des Sinnes, wie auch einzelne Erfahrungen an im späteren Alter operirten Blindgeborenen beweisen.

Das beim Schliessen des Auges oder im Dunkeln entstehende Schattenfeld ist, wie das Sehfeld, elliptisch, mit grösserem horizontalem Durchmesser; es wird nicht im Auge selbst empfunden, sondern in einen gewissen Abstand projicirt, und folgt den Bewegungen des Auges. Das Schattenfeld ist also etwas Positives, etwas »Gesehenes«, ganz verschieden von der »Blindheit der Hand« u. s. w.; seine Farbe ist selbst im stärksten Dunkel nicht absolut schwarz, indem eine Art »Lichtstaub« (Purkinje) über dasselbe sich verbreitet, in Folge minimer subjectiver Erregungszustände des nervösen Sehapparates.

411. Deutlichkeit der Sehfeldsbezirke.

Bei Weitem am schärfsten nehmen wir wahr den Punkt des Sehfelds, den wir eben fixiren, der also in der Verlängerung der Sehaxe liegt. Doch auch der Theil des Sehfeldes, der nur einen kleinen Winkel einschliesst mit der Sehaxe, wird noch sehr genau gesehen; wir überblicken z. B. bei einer mittlern Druckschrift etwa 6—8 Buchstaben ganz deutlich; die nächste obere oder untere Zeile erscheint schon ungenau. Jenem deutlichsten Sehraum entspricht ein Retinabezirk von etwa $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{2}$ Linie Durchmesser = ungefähr dem Durchmesser des gelben Fleckes, dessen bevorzugteste Stelle von der Fovea centralis gebildet wird. Das Uebrige wird, je mehr es sich entfernt vom fixirten Punkt, zunehmend undeutlicher. Dinge, welche einen Winkel von 50 — 60 Graden mit der Sehaxe bilden, erkennen wir nur in ihren gröberen Contouren; kleinere und lichtschwächere Objekte selbst gar nicht mehr. Die objektiven Netzhautbildchen zeigen dagegen diese Unterschiede nicht; also kann die Undeutlichkeit der seitlichen Parthieen des Sehfeldes nur herkommen von einer Abnahme der Empfindlichkeit der Retinabezirke. Die Feinheit der Empfindung nimmt übrigens

nicht ab in concentrischen Kreisen um die optische Axe, sondern schneller nach oben und unten, als in horizontaler Richtung (Aubert).

Volkmann und Aubert bestimmten die Durchmesser der kleinsten Bildchen, welche von den einzelnen Bezirken der Netzhaut überhaupt noch wahrgenommen werden können. 60° nach aussen von der optischen Axe müssen nach Ersterem die Retinalbilder einen etwa 150mal grösseren Durchmesser haben, als in der Sehaxe. Die Empfindlichkeit der Retinabezirke verhält sich wahrscheinlich nicht (wie gewöhnlich angenommen wird) umgekehrt wie jene Durchmesser, sondern umgekehrt wie die Quadrate der Durchmesser.

Die Beschränkung des deutlichsten Sehens auf den von uns jeweils fixirten Punkt ist, weit entfernt ein Nachtheil zu sein, für den Gesichtssinn geradezu unerlässlich; denn: 1) die Concentration der Aufmerksamkeit auf ein bestimmtes Objekt wird dadurch begünstigt; (wir sind gar nicht im Stande, mehrere Sinneseindrücke gleichzeitig genau aufzufassen). 2) Wir lernen dadurch das Auge so zu stellen, dass der bevorzugte gelbe Fleck dem zu betrachtenden Objekte gegenüber in die richtige Lage kommt; wir erreichen damit den Vortheil, dass wir uns der Richtung der Sehaxe, überhaupt der jeweiligen Stellung der Augen, der Aussenwelt gegenüber, auf das Genaueste bewusst werden. Ohne dieses wäre (s. 414) die Erkennung der Richtung der Gesichtsobjekte unmöglich. 3) Wir lernen nur dadurch beide Augen so zu stellen, dass ihre verlängerten Sehaxen sich schneiden in dem zu betrachtenden Objektpunkt. Diess ist unerlässlich für das Einfachsehen mit beiden Augen (s. 42 u. folg.).

412. Blinde Stelle der Netzhaut.

Betrachtet man mit dem rechten Auge (bei geschlossenem linken) das Kreuz oder den darüberstehenden Punkt Fig. 98, so verschwindet, bei einem gewissen Abstand der Papierfläche vom Auge, der Kreis vollständig, während das Viereck der Figur deutlich gesehen wird (Mariotte). Ueberhaupt verschwinden alle Objekte, welche ungefähr 13—18 Grade von der optischen Axe in horizontaler Richtung nach Aussen liegen, also 5—6 Grade des Sehfeldes, so dass z. B. selbst

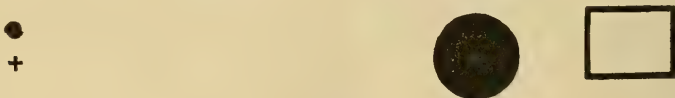


Fig. 98.

der Vollmond zum Ausfallen gebracht werden kann. Das Netzhautbild dieser Objekte fällt, wie zuerst D. Bernoulli zeigte, auf die Eintrittsstelle des Sehnerven; an dieser sind aber bloss vorhanden Opticusfasern, während die übrigen Elemente der Netzhaut, Zapfen, Stäbchen u. s. w. fehlen, also sind die Opticusfasern in ihrem Verlauf blind für objektives Licht.

Das Bild des Kreuzes fällt auf den gelben Fleck; die Grösse der blinden Stelle und deren Abstand vom gelben Fleck wird gefunden nach den Regeln der Berechnung der Grössen der Netzhautbildchen. Die Versuche ergeben einen Durchmesser der blinden Stelle von $1\frac{1}{2}$ Millim. und einen Abstand der Mitte dieser Stelle von der Mitte des gelben Fleckes (in der Richtung nach einwärts) um 4 Millim.; die blinde Stelle muss somit der Eintrittsstelle des Sehnerven entsprechen.

413. Ausfüllung der blinden Netzhautstelle.

Die Blindheit des Mariotte'schen Fleckes der Netzhaut veranlasst für das Sehen keine Störungen. Wir haben durch Erfahrung gewissermaassen die relativen Lagen der einzelnen Netzhautbezirke kennen gelernt, sodass jedem empfindenden Punkt der Netzhaut ein Sehfeldbezirk entspricht. Es können desshalb auch die Ortsempfindungen, welche wir zweien empfindlichen Punkten der Retina verdanken, die an den einander gegenüber liegenden Grenzen des blinden Fleckes liegen, nicht auf zwei unmittelbar neben einander liegende Sehfeldspunkte bezogen werden, da wir gewohnt und gezwungen sind, die räumlichen Beziehungen dieser Punkte zu allen übrigen Punkten der Retina genau festzuhalten (D. Bernoulli). Desshalb zeigen z. B. die parallelen Streifen einer Tapete auch keine Knickungen an ihrer dem blinden Fleck entsprechenden Stelle. Ebensowenig entsteht aber eine, der Grösse des blinden Flecks entsprechende Lücke. Wir füllen nämlich mittelst der Empfindungen, die von den benachbarten Retinaltheilen kommen, die Lücke aus, und zwar so, dass wir den Zusammenhang der Objekte, deren Retinabilder in den blinden Fleck hereinragen, so »sehen«, wie es am Einfachsten und Wahrscheinlichsten ist und unserm Wissen von den Gestalten der Dinge entspricht (E. H. Weber, Volkmann).

Fällt z. B. das eine Ende einer Linie auf den Fleck, so ist sie entsprechend kürzer; zeichnen wir eine gerade oder eine Kreislinie mit einer (dem Fleck entsprechenden) Lücke, so erscheinen sie gleichwohl ununterbrochen u. s. w. Die Versuche setzen Schliessung des einen Auges voraus, weil ein Objekt, dessen Retinalbild im linken Aug auf den blinden Fleck fällt, im rechten eine empfindende Retinastelle afficirt.

414. Richtung der Gesichtsobjekte.

Alle durch Netzhauterregungen hervorgerufenen Sensationen werden von uns in den äussern Raum verlegt; die Richtung eines fixirten Objektes verlegen wir in die verlängerte Sehaxe, die Richtungen aller übrigen, indirekt gesehenen Punkte in die Directionen ihrer Richtungslinien. Von der Lage aller dieser Linien sind wir aber genau unterrichtet, insofern wir ein deutliches Gefühl unserer jeweiligen Augenstellung haben. Dasselbe geht grossentheils hervor aus den Muskelgefühlen der Bulbusmuskeln. Wir beziehen also jeden Netzhauteindruck auf eine bestimmte Stelle des Raumes, neben den andern Dingen der Aussenwelt. Am schärfsten beurtheilen wir die 2 ersten Dimensionen, weniger die dritte: die Tiefe, von der hier vorerst abgesehen wird.

Die Beihülfe des Muskelgefühls wird mit Unrecht von Manchen geläugnet. Fixire ich einen Punkt, schliesse dann die Augen und bewege sie so, dass sie auf einen bestimmten Sehfeldpunkt eingestellt sein sollen, so fällt letzterer bei plötzlichem Oeffnen der Augen in den Bereich meines deutlichsten Sehens. Aehnliches leisten die bei geschlossenen Augen vollführten Kopf- oder Körperdrehungen. Dass das Hinzutreten der Fixation der Objekte das Urtheil über unsere Augenstellung in hohem Grad verschärft, versteht sich von selbst.

Die Netzhaut ist eine — sit venia verbo — mit Raumsinn begabte Fläche; Reizungen zweier verschiedener Netzhautpunkte durch zwei sonst vollkommen

gleiche Reize verschaffen zwei räumlich von einander getrennte, im Uebrigen aber gleiche Empfindungen. Durch auf die sinnlichen Empfindungen gestützte vielfachste Erfahrungen sind wir zur Anschauung und zum Begriff der Aussenwelt und des Raumes gekommen; der Sehsinn hat uns speciell belehrt, dass wir, um z. B. etwas über uns zu sehen, die Augen oder den Kopf entsprechend bewegen müssen. Wir kennen, wie gesagt, und zwar in jedweder Lage des Körpers, unsere Augenstellung, d. h. die Richtungen der Sehaxen, und bestimmen dadurch die Richtung des Gesehenen. Diese Wahrnehmung ist somit keine »reine Empfindung«, sondern ein Seelenakt; unerlässlich sind bloss Bilder der Dinge der Aussenwelt, so angeordnet auf der Retina, dass die relativen Lagen der Objektpunkte sich wiederholen in den relativen Lagen der Retinalbildpunkte. Die absolute Lage des Netzhautbildchens ist dabei ganz gleichgültig, eben weil die Seele weder dieses Bildchen, noch etwas Analoges derart, im Centraltheil des nervösen Sehapparates, »anschaut«. Darum ist auch die ehedem vielfach behandelte Frage ungereimt: warum sehen wir aufrecht, trotz der Umkehr der Retinalbildchen. Wir »sehen« das Bildchen nicht; es könnte quer gelagert sein, und doch würden wir, im Bewusstsein unserer Augenstellung zur Aussenwelt, auch das so gelagerte Retinalbildchen (wenigstens beim binocularen Sehen) immer noch richtig interpretiren lernen.

415. Grössenwahrnehmungen.

I. Relative Grösse. Unser Urtheil, ob das eine oder das andere Objekt das grössere sei, beruht (den einfachsten Fall gleicher Abstände der Objekte vorausgesetzt) entweder 1) auf der Grösse der Netzhautbildchen (resp. Sehwinkel), oder 2) auf dem Umfang der Augenbewegungen, die nöthig sind, um mit unserem Blick die Objekte von einem Ende zum anderen zu durchmessen. Wir haben bei irgend erheblicheren Unterschieden der Objekte bestimmt das Gefühl von Multipla der betreffenden Grössenwahrnehmungen; auch können wir zwei nach einander betrachtete Linien von verschiedener Länge selbst nach einem gewissen Zeitintervall noch unterscheiden (E. H. Weber), z. B. Differenzen von $\frac{1}{40}$ nach 3, von $\frac{1}{11}$ noch nach 70 Sekunden. Horizontale Linien werden genauer mit einander verglichen, als senkrechte (Hegelmaier).

II. Absolute Grösse. Das Sehfeld hat für unsere Vorstellung keine bestimmte Grösse. Unser Urtheil über die wahre Grösse der Objekte beruht demnach auf der Grösse des Netzhautbildchens und der Taxation der Entfernung (416), also auf der Vergleichung des Sehwinkels mit der Entfernung (s. auch 419).

Die Winkelgrösse des Sehfelds bleibt nicht gleich, wie gewöhnlich angenommen wird. Das dunkele Schattenfeld nimmt deutlich ab im Horizontaldurchmesser, wenn die Augen stark convergiren.

Objekte von einer gewissen Kleinheit an sehen wir nicht mehr. Die betreffenden Angaben schwanken aber bedeutend, da ausser vielen Nebenumständen (Farbe, Beleuchtung, Hintergrund u. s. w.) namentlich auch individuelle Einflüsse sich in hohem Grade geltend machen. Unter mittleren Verhältnissen

werden runde Körperchen von $\frac{1}{40}$ bis fast $\frac{1}{100}$ Linie noch erkannt; Körper, die im Vergleich zu ihrer Dicke sehr lang sind, z. B. feinste Drähte, bieten viel günstigere Verhältnisse. Der kleinste Sehwinkel unter dem rundliche Körperchen noch erkannt werden, beträgt etwa 30—20 Sekunden; für fadenförmige Objekte sinkt der Werth auf 3, für glänzende Drähte selbst auf $\frac{1}{5}$ Sekunde und noch weniger.

Ebenso schwankend sind demnach auch die Angaben über die Grösse des kleinsten, noch erkennbaren Retinalbildes. Man hat früher geglaubt, die kleinsten sichtbaren Retinalbildchen seien gerade so gross, als der Durchmesser eines Stäbchens oder Zapfens der Netzhaut. Die Erfahrung bestätigte diese Ansicht nicht; zudem hat jedes Einzelauge des zusammengesetzten Arthropodenauges nur ein einziges sog. Krystallstäbchen, welche als Analoga der Zapfen und Stäbchen der einfachen Augen gelten können.

416. Entfernung der Objekte.

Zur Beurtheilung derselben dient 1) die scheinbare Grösse der Gegenstände, d. h. deren Sehwinkel; wir haben erfahren, dass dasselbe Objekt zunehmend kleiner erscheint, je weiter es sich von uns entfernt (Verengung von Alleen, langen Strassen u. s. w.). 2) Das Detail; je weniger Einzelheiten wir sehen, je schwächer die Farben und Schatten und je undeutlicher die Contouren erscheinen, für desto weiter entfernt halten wir die Objekte. 3) Zwischenliegende bekannte Gegenstände; fehlen sie, dann halten wir die Entfernung für zu gering. Das Himmelsgewölb erscheint uns nicht als eine Halbkugel, weil die Zenithdistanz uns wesentlich kürzer vorkommt, als die andere, welche zwischen unserem Standpunkte und dem Horizont vielerlei Objekte enthält. 4) Aenderungen des Standpunktes des Beobachters (418 u. 419). 5) Auch das Gefühl des Accommodationszustandes trägt ein wenig bei zur Bestimmung der Abstände, vorausgesetzt, dass die Objekte nahe liegen (Czermak, Panum). Bewegt man einen Faden, der so fixirt wird, dass die übrigen Hülfsmittel zur Taxation der Entfernung möglichst ausgeschlossen bleiben, so giebt uns das Accommodationsgefühl nur Aufschluss, wenn derselbe genähert, nicht aber wenn er vom Auge entfernt wird (Wundt). Im ersten Fall kommen die Accommodationsmuskeln in zunehmend stärkere Thätigkeit.

Die genannten Anhaltspunkte beruhen also I) auf den gewonnenen Erfahrungen über die Eigenschaften der Aussenwelt und II) auf Gemeingefühlen (Nr. 5). Dazu kommen noch das Bewusstsein des Convergenzgrades beider Augen und die Hülfsmittel des stereoskopischen Sehens (s. 421 u. folg).

417. Bewegung der Objekte.

Bei ruhigem Auge verändert das Retinalbildchen des bewegten Körpers seine Lage; wir schliessen also, es bewege sich. Erfolgt die Bewegung aber zu langsam und namentlich auch über einen gleichmässigen Hintergrund, so nehmen wir dieselbe nicht unmittelbar wahr. Wird ein in schneller Bewegung begriffener Körper bloss ein Zeitminimum betrachtet, z. B. mit Hülfe des, einen sonst dunkeln

Raum momentan erleuchtenden elektrischen Funkens, so scheint er stille zu stehen, weil in dieser kurzen Zeit sein Retinabild nicht merklich weiter rückt.

Der Capillarblutlauf unter dem Mikroskop, sowie die lebhaft schwingenden Wimpern des Flimmerepitels scheinen stille zu stehen, wenn sie bloss einen Augenblick betrachtet werden. Diese Verhältnisse können auch benützt werden zur Bestimmung der Geschwindigkeiten solcher Körper.

Als zweites Mittel dienen unsere Augen-, oder Kopf- und Körperdrehungen. Wir fixiren das Objekt beständig, so dass die Lage seines Retinalbildes sich nicht ändert, schliessen aber aus den Grössen der von uns dabei gemachten Bewegungen auf dessen Bewegung.

418. Bewegungstäuschungen.

Beim Gehen erscheinen uns die seitwärts liegenden Gegenstände bewegt, und zwar in entgegengesetzter Richtung. Diese Anschauung ist nicht zu überwinden, ja sie ist sogar ein Hülfsmittel zur Beurtheilung der Geschwindigkeit und Gleichmässigkeit unserer Fortbewegung und der Entfernung der Gegenstände von uns. Machen wir plötzlich einen Sprung oder eine Augenbewegung, so erscheinen näher liegende Gegenstände bewegt. Noch stärker sind diese Empfindungen bei *passiven* und namentlich *unvermutheten* Bewegungen des Körpers; beim schnellen Fahren rückt die Landschaft fort in entgegengesetzter Richtung, beim plötzlichen Stoss des Wagens scheinen nähere Gegenstände zu schwanken.

Betrachtet man anhaltend gewisse bewegte Objekte, z. B. einen schnellen Strom von einer Brücke herab, so scheint nach einer gewissen Zeit der Strom zu ruhen und man glaubt, sammt der Brücke in entgegengesetzter Richtung bewegt zu werden.

419. Grössentäuschungen.

Solche treten allemal auf, so oft wir die Entfernungen der Objekte falsch taxiren. I. Wir halten die Entfernung für zu gross; *das Objekt wird dann grösser taxirt.* Der aufgehende Mond z. B. erscheint uns grösser, als wenn er hoch am Himmel steht, weil uns die an den Horizont angrenzenden Theile des Himmels als die fernsten vorkommen (416). Beim Sehen in die Ferne kann ein nahe vor dem Auge sich vorbeibewegender kleiner Gegenstand, eine Mücke z. B., in der ersten Ueberraschung als gross erscheinen.

II. Wir halten die Entfernung für zu *klein*; die Gegenstände erscheinen uns dann *kleiner*, z. B. beim schnellen Fahren auf der Eisenbahn die seitwärts gelegenen Objekte (*Dove*). Bei jeder Fortbewegung überhaupt ändern seitlich gelegene Objekte ihre Stellung gegen den Hintergrund um so schneller, je näher sie uns sind; beim ungewöhnlich schnellen Fahren aber erfolgt diese Stellungsänderung (die sog. Parallaxe) besonders schnell, wir verlegen desshalb die Gegenstände unwillkürlich in grössere Nähe (*Sick*). Hieher gehört auch die bekannte Täuschung über die vergrössernde Wirkung der Fernröhren. Wegen des vielen

Details, welches wir mittelst dieser sehen, verlegen wir die Objekte unwillkürlich in grössere Nähe und unterschätzen desshalb sehr bedeutend die durch das Fernrohr gesehenen Dimensionen. Wir werden alsbald den Irrthum gewahr, wenn wir mit einem unbewaffneten und einem bewaffneten Auge zugleich das Objekt betrachten (s. auch 420).

Auf unsere Beurtheilung der Entfernung ist beim Sehen mit beiden Augen auch der Convergenzgrad der Sehaxen von Einfluss, wie schon Descartes hervorhob. Ein feststehendes nahes Objekt erscheint uns zunehmend kleiner, je mehr beide Sehaxen convergiren.

Jede unrichtige Taxation der Entfernung zweier Punkte desselben Objektes führt zu falschen Auffassungen des letzteren. Ein ansteigender Weg z. B. erscheint uns in der Ferne sehr viel steiler als in der Nähe; im ersten Fall halten wir die tiefste und höchste Stelle des Weges einander näher gerückt.

420. Grössenunterschiede der Objektbilder auf der Retina und der Cutis.

Drückt eine Fläche, z. B. ein Kreis, auf die Cutis, so ist das dadurch gesetzte Druckbild so gross wie das Objekt selbst. Im Auge aber entwirft derselbe Kreis nur ein Miniaturbild. Gleichwohl besteht zwischen beiden Sinnesauffassungen kein Widerspruch; wir sehen die Objekte so gross, als wir sie betasten, und auch der sog. Muskelsinn, d. h. unser Urtheil über die beim Betasten eines Körpers von uns gemachten Bewegungen führt uns zu analogen Auffassungen. Indem das Kind die Sinnesempfindungen nach und nach beziehen lernt auf eine und dieselbe Erscheinungswelt und dabei die weitere Erfahrung macht, dass dasselbe Ding dieser Aussenwelt sehr verschiedene Sinne afficiren kann, ist es gezwungen, die durch das nämliche Objekt veranlassten räumlichen Empfindungen der Cutis und des Auges auf dieselbe Raumgrösse zu beziehen.

Ist die absolute Grösse des Druckbildes der Cutis begünstigt gegenüber dem Auge, so verhält es sich in einer andern Beziehung geradezu umgekehrt. Ein Sandkörnchen bietet dem Gesicht unterscheidbare Flächen und Kanten, während seine Form dem Getaste unkenntlich bleibt. Dem Auge erscheinen die Dinge gewissermaassen als feine Mosaik zahlreicher und heterogener (verschieden gefärbter, beleuchteter u. s. w.) Einzelpunkte, dem Getast aber als grobe Mosaik grosser und qualitativ viel gleichartigerer Einzelbezirke. Die gesehene Distanz ist demnach viel inhaltreicher als die betastete, und gleichwohl besteht auch hier wieder kein Widerspruch in der Grössenauffassung.

Die analogen Empfindungen verschiedener Sinne werden also schon in der ersten Kindheit unter sich in Harmonie gebracht. Ja selbst die künstlichen Multiplicationen unserer Grössenanschauungen durch Mikroskop und Fernrohr bringen wir unwillkürlich in eine gewisse Harmonie mit unseren gewöhnlichen Anschauungen und glauben desshalb die Dinge lange nicht so gross zu sehen, als die vergrössernde Wirkung jener Instrumente verlangt. Gienge uns freilich ein neuer Raumsinn plötzlich auf, so würden die bezüglichen Empfindungen in der ersten Zeit einen gewissen Widerspruch zeigen mit denen der geschulten Sinne. Ein von Dr. Franz operirter Blindgeborener war überrascht, die ihm durch das Getast bekannten Gegenstände weit „grösser“ zu sehen, als er erwartet hatte.

D. Binoculares Raumsehen.

421. Leistungen.

Die bisher geschilderten Gesichtswahrnehmungen werden ebenso gut mit einem, als mit beiden Augen gewonnen. Wir benützen aber gewöhnlich beide und erhalten dadurch mehrfache Vortheile: 1) Das Sehfeld wird grösser in der Horizontaldimension. 2) Die Auffassung der Tiefendimension ist in hohem Grade erleichtert: denn: a) Die optischen Axen beider Augen schneiden sich im fixirten Objekt. Ueber die jeweilige Lage dieser Axen sind wir (durch Muskelgefühle u. s. w.) genau unterrichtet und schliessen aus der grösseren oder geringeren Convergenz beider Augen auf grössere oder geringere Näherung des fixirten Gegenstandes. b) Körperliche Gegenstände, z. B. ein Würfel, eine Vertiefung, bieten beiden Augen mehr oder weniger verschiedene Ansichten; man betrachtet desshalb häufig solche Gegenstände abwechselnd mit dem einen und andern Auge, um die Körperlichkeit derselben genauer beurtheilen zu können. Wir beginnen desshalb mit der, neuerdings namentlich von Meissner und Nagel diskutirten geometrischen Erörterung der Bildchen, welche die körperlichen Objekte auf beiden Netzhäuten entwerfen, und leiten sodann aus den Eigenschaften dieser Bildchen die Nothwendigkeit der Wahrnehmung der Tiefendimension (sowie auch die Erscheinungen des künstlichen stereoskopischen Sehens) ab.

Alle Objekte des Sehfeldes erscheinen uns mit beiden Augen einfach; nur unter anomalen Verhältnissen oder künstlich herbeigeführten Versuchsbedingungen sehen wir die Gegenstände doppelt. Die Physiologie des Binocularsehens hat demnach auch die Erscheinungen und Ursachen des Doppelt- und Einfachsehens zu erörtern.

422. Perspective des Netzhautbildes.

Die Netzhautbilder sind perspektivischer Art; ohne perspektivische Verkürzung erscheinen auf der Netzhaut nur Distanzen wie z. B. *ab*, *df*, Figur 99, die in den Kreisflächen *AA* oder *BB* liegen; alle Punkte dieser Flächen stehen vom Kreuzungspunkt der Richtungslinien *k* gleich weit ab und alle Objekte, die in einer solchen Kreisfläche liegen, entwerfen auf der Retina ähnliche Bilder. Die Distanz *ad* aber erscheint in der Verkürzung *a′d′*, die Distanz *rd* (welche in der Richtungslinie *d′d* liegt) giebt sogar nur ein punktförmiges Retinalbild *d′*. Daraus folgt: alle körperlichen Objekte, wie z. B. *ad fb*, müssen nothwendig bedeutend perspektivisch verkürzte Linien auf der Netzhaut entwerfen.

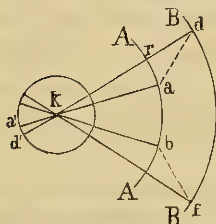


Fig. 99.

423. Verhältniss der Netzhautbilder beider Augen.

Distanzen bilden sich in gleicher Grösse ab auf beiden Netzhäuten, wenn ihre Endpunkte liegen: I. in sehr grosser Entfernung (dann sind die Standpunkte beider Augen identisch); II. in der Medianebene (*MM*, Fig. 111. § 432), welche den Körper in zwei symmetrische Hälften theilt (die Retinalbilder *mn* und *m'n'* der Distanz *ap*, Fig. 111, sind gleich gross); III. in der Peripherie eines Kreises, der gezogen wird durch die Kreuzungspunkte der Richtungslinien beider Augen (die Distanz 1—2, Fig. 114. § 437, entwirft die gleichen Bilder 1—2 in beiden Augen); IV. zu beiden Seiten der Medianebene, z. B. in Punkt *c* u. *d*, Fig. 111, vorausgesetzt, dass die Verbindungslinie *cd* beider Punkte durch die Medianebene halbirt wird.

In allen anderen Fällen aber entwerfen (näher liegende) Distanzen in beiden Netzhäuten ungleich grosse Bilder, weil sie 1) von beiden Augen verschieden weit abstehen, wie *ab*, Figur 100, ganz besonders aber 2) wegen der perspektivischen Verkürzung, wie *ac*. Daraus folgt: körperliche Objekte, in denen ja Distanzen verschiedener Richtung immer vorkommen, können niemals gleiche Netzhautbilder in beiden Augen entwerfen.

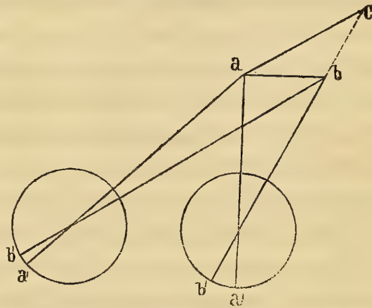


Fig. 100.

424. Projection beider Netzhautbilder nach Aussen.

Hält man vor jedes Auge eine, innen geschwärzte Röhre und betrachtet man durch die, parallel gerichteten, Röhren eine gleichartige Fläche, so erscheinen beide Röhrenöffnungen gesondert und in einem gewissen Abstand von einander; bei allmäliger Convergenz der Röhren nähern sich die Oeffnungen, um, wenn eine bestimmte Winkelstellung erreicht ist, zu einer einzigen zusammenzufallen. Jedes Auge vermittelt Empfindungen für sich, die jedoch im letztgenannten Fall verlegt werden an denselben Ort; an derselben Stelle des Raumes können wir uns aber nur ein einziges Objekt denken; diese räumliche Verschmelzung ist also ein Seelenakt. Wir projiciren die Retinabilder beider Augen in die richtigen Stellen im Raum, d. h. eben dahin, wo die betreffenden Gesichtsobjekte sich befinden. Die Lokalität jedes Punktes des Netzhautbildchens giebt uns jedoch nur an, in welche Richtung wir das gesehene Objekt zu verlegen haben, nicht aber, wie weit nach aussen dasselbe verlegt werden muss. Der fixirte Objektpunkt *m*, Fig. 106, entwirft seine Retinalbildchen auf 1 (in der Mitte beider gelben Flecke). Das linke Auge projicirt seine Erregung in die Richtungslinie *1a*, das rechte aber in die Richtungslinie *a'*. Beide Linien schneiden sich in *m*; *m* wird ein-

fach gesehen, also **ist der Ort eines fixirten Objektes bestimmt durch den Schnittpunkt beider optischen Axen.**

425. Wahrnehmung der Körperlichkeit.

Wir besitzen zahlreiche Hülfsmittel zur Beurtheilung der Tiefendimension (416). Dieselben sind auch beim monocularen Sehen anwendbar. Die vollkommenste Wahrnehmung der Körperlichkeit ist aber gebunden an das binoculare Sehen; sie ist nämlich die unmittelbare Folge der **richtigen stereometrischen Projection beider Netzhautbilder.** Was von dem jeweils fixirten Punkt gilt, gilt von sämmtlichen übrigen Punkten eines Objektes mit Tiefendimension; wir verlegen immer die zusammengehörigen Bildpunkte beider Netzhäute an ihren wahren Ort. Dem Objektpunkt *n*, Fig. 106 (§ 428), entsprechen die Bildpunkte 2 in beiden Augen; ihre beiden Richtungslinien *2 n* schneiden sich in *n*, also in einem Punkt, der den Augen ferner liegt, als der fixirte Punkt *m*. Die durch die 2 Objektpunkte *m* und *n* veranlasste Affektion der 4 Retinalpunkte (2 und 1) führt also zur richtigen Auffassung beider Gesichtsobjekte: wir nehmen bloss 2 Objektpunkte wahr und erblicken dieselben in verschiedenen Abständen von uns; die beiden flächenhaften Retinalbilder vereinigen sich somit zum vollkommenen stereoskopischen Effekt.

Die Gesichtsobjekte mit Tiefendimension entwerfen unter allen Umständen in beiden Augen verschiedene Retinabilder (423); das Verhältniss beider Bilder ändert sich aber nothwendig mit jeder Lage der Augen nach bestimmten, für jede Augenstellung gesetzmässig wiederkehrenden Normen, die wir durch lange Erfahrung haben kennen lernen. Die Bildchen selbst projiciren wir immer (nach den, aus den jeweiligen Augenstellungen hervorgehenden Regeln der Perspektive) in richtiger Weise nach Aussen; demnach **ist die perspektive Verschiedenheit der beiden Netzhautbildchen eine Hauptbedingung zur schärferen Wahrnehmung der Körperlichkeit der Gesichtsobjekte (Wheatstone).**

426. Stereoskope.

Sie dienen zunächst zur Herstellung der Empfindung der Tiefendimension mittelst gewöhnlicher flächenhafter Bilder. **Wheatstone** ging aus von dem, soeben diskutirten Satz, dass die Verschiedenheit der Netzhautbilder beider Augen die Wahrnehmung des Körperlichen vermittelt; er verfertigte desshalb gesonderte Bilder körperlicher Objekte, so wie dieselben vom Standpunkt des rechten und linken Auges erscheinen, betrachtete jedes mit dem zugehörigen Auge und brachte die Bilder an derselben Stelle im Raum zur Deckung. Sie erschienen alsdann einfach und **auffallend körperlich**, d. h. sehr viel deutlicher mit der Tiefendimension begabt, als gewöhnliche perspektivische Zeichnungen, Landschaftsbilder u. s. w. Ein abgestutzter Kegel, dessen Spitze gegen

den Beschauer gerichtet ist, giebt für das linke und rechte Auge die Projektionen *L* und *R*, Fig. 101. Beide Flächenzeichnungen, im Stereoskop zur Deckung gebracht, erscheinen vollkommen körperlich. Besonders instruktiv sind aber komplicirte geometrische Figuren, z. B. Bilder von Drahtnetzen, die selbst mit Zuhülfenahme aller die Vorstellung unterstützender Momente (416) immer nur ein sehr ungenügendes Bild der Körperlichkeit bieten. Hieher gehören auch die bekannten Wirkungen stereoskopischer Photographieen von Landschaften, Büsten u. s. w.

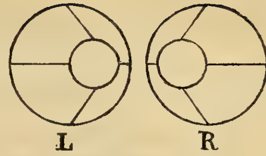


Fig. 101.

427. Verschiedene Arten von Stereoskopen.

Die Deckung der stereoskopischen Projektionen kann auf mehrfache Weise geschehen; man benützt gewöhnlich Spiegel oder dioptrische Mittel, oder endlich die Spiegelung und Brechung zugleich.

I. Das Spiegelstereoskop von Wheatstone (im Grundriss in Fig. 102) besteht aus den beiden Spiegeln *L* und *R*, die unter einem rechten Winkel zusammenstossen. An den unter sich parallelen senkrechten Wänden *L'* und *R'*, die einen Winkel von 45° mit den Spiegeln bilden, werden die Zeichnungen befestigt. Jedes Auge sieht also nur das Spiegelbild seiner Zeichnung. Die Punkte *b* und b^1 beider Zeichnungen erscheinen beiden Augen wie ein hinter den Spiegeln in b^2 gelegener Punkt b^2. Ebenso scheinen die correspondirenden Punkte *c* und a^2 beider Zeichnungen in dem Punkt *m*, und die Punkte *a* und c^2 in *m'* zu liegen. Man sieht also b^2 hinter *m'* und *m*.

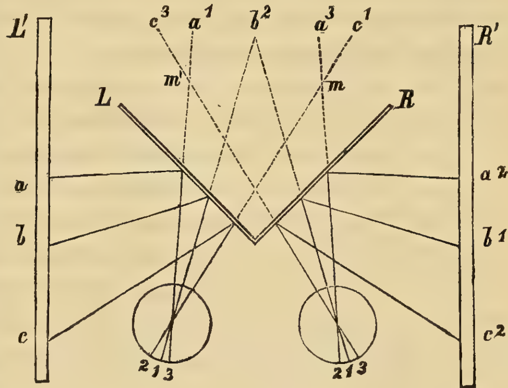


Fig. 102.

II. Im Brewster'schen dioptrischen Stereoskop, welches vorzugsweise gebraucht wird, sieht jedes Auge durch die eine Hälfte einer durchschnittenen Sammellinse von 6—7 Zoll Brennweite oder durch zwei Prismen von kleinen Winkeln. Punkt *l*, Fig. 103, der einen Zeichnung wird durch die Linse so gebrochen, dass er in die Richtung der punktirten Linie 1 versetzt wird; während die andere Linse dem Punkt *r* die Richtung der Linie 2 anweist; beide Punkte decken sich in *m*.

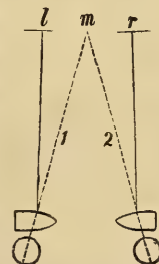


Fig. 103.

III. Dove verwendet das gleichschenklige, rechtwinkelige Prisma (Spiegelprisma) zum stereoskopischen Versuch. Die beiden Catheterflächen wirken lichtbrechend, die Hypothenusenfläche h dagegen das Licht total reflektirend, wie Fig. 104 bezüglich der von den Punkten l und r kommenden parallelen Strahlen andeutet. Das Objekt lr erscheint demnach dem Auge A, durch das Prisma gesehen, wie ein Spiegelbild, d. h. rechts ist in links verkehrt, oben und unten aber sind identisch geblieben. Nimmt man von einem symmetrischen Körper zwei Zeichnungen von den Standpunkten des rechten und linken Auges, so stellt (s. Fig. 101) die eine Zeichnung nichts anderes dar als eine einfache Umkehrung, d. h. ein Spiegelbild der anderen. Betrachtet man nun eine solche Zeichnung mit dem zugehörigen Auge direkt, mit dem andern Auge aber durch das Prisma, so ist es, als ob letzteres die ihm zugehörige Zeichnung erblicke. Beide Retinalbilder lassen sich leicht zur Deckung bringen und geben dann den Anblick der Körperlichkeit.

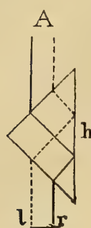


Fig. 104.

428. Analyse des stereoskopischen Bildes.

Wir beschränken uns auf den Grundversuch, welcher alle übrigen, mehr oder minder complicirten, von Wheatstone, Brücke, Panum, Nagel u. A. erörterten Modificationen, in sich schliesst.

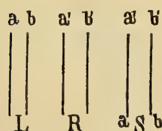


Fig. 105.

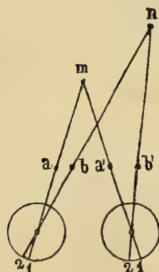


Fig. 106.

Bringt man die 2 parallelen, unter sich aber ungleichweit abstehenden Linienpaare der Fig. 105 im Stereoscop zur Deckung, indem z. B. jedes Auge die Mitte der linken Linie seines Linienpaares fixirt, so sieht man im gemeinsamen Sehfelde bloss 2 parallele Linien (S), von denen jedoch die eine vor der andern liegt. Diejenige Linie ist im Sammelbild die vordere, die auf der Seite des engeren Linienpaares liegt, also in unserem Fall die rechte.

Zur Erläuterung diene Fig. 106. Die Punkte a, a' u. s. w. entsprechen den (in der Visierebene gelegenen) Mittelpunkten der gleichnamigen Linien in L und R, Fig. 105. Die Richtungslinien 1 a und 1 a' schneiden sich in m, die Richtungslinien 2 b und 2 b' erst in n; also muss das linke Sammelbild den Augen näher liegen. Aus der Figur folgt weiter: 1) Stehen die 2 Linienpaare unter sich gleichweit ab, so erscheinen ihre Sammelbilder in gleichweiter Entfernung vom Auge (also in einer Ebene, die der Antlitzebene parallel verläuft). 2) Das eine Sammelbild rückt um so mehr heraus, je grösser der Unterschied der Abstände beider Linienpaare; doch hat dieses seine

Grenze, jenseits welcher keine Verschmelzung mehr möglich ist; man sieht dann ein Sammelbild (*a a'*) und zwei gesonderte Bilder *b* und *b'*.

Ist das Linienpaar für das eine Auge senkrecht und parallel (s. Fig. 107), dagegen die eine Linie des zweiten Paares vom Parallelismus abweichend, wie z. B. die nach links aufsteigende *b'*, so sieht man im Sammelbild 2 Linien, die linke verläuft in der Papierebene, die rechte dagegen schräg gegen diese Ebene. Die Horizontalabstände beider Linienpaare sind bloss zwischen 1—2 gleich; also muss die schräge Combinationslinie bloss mit ihrem Punkt 2 in der Papierebene liegen, mit ihrer oberen Hälfte dagegen vor, mit der unteren Hälfte hinter diese Ebene treten. Im stereoskopischen Sammelbild erscheint also ein Punkt um so ferner, je grösser der horizontale Abstand der 2 componirenden Punkte in der Bildfläche ist (wobei die beiden stereoskopischen Zeichnungen nach den Forderungen der Perspective übereinander geschoben gedacht werden).



Fig. 107.

429. Telestereoskop.

Die Verschiedenheit der Contouren beider Netzhautbilder ist um so grösser: 1) je mehr die Objekte uns genähert und 2) je grösser die Abstände beider Augen sind. Desshalb pflegt man die stereoskopischen Photographieen von zwei Standpunkten aus aufzunehmen, welche beträchtlich weiter von einander abstehen als beide Augen; man erhält dadurch einen ungewohnten, stärkeren stereoskopischen Effekt. Darauf fusst auch das Telestereoskop von Helmholtz. Die Spiegel *L* und *R* werfen ihre Bilder der Landschaft auf die kleineren Spiegel *l* und *r*. Die Augen betrachten die Spiegelbildchen von *l* und r; es ist somit, als ob die Augen um den Abstand der Spiegel *L* und *R*, d. h. um mehrere Fusse aus einander gerückt wären. Die Landschaft erscheint auffallend körperlich und zwar bis fast auf 1 Stunde Entfernung, jedoch in ungewohnten Abständen, etwa wie ein verkleinertes Modell.

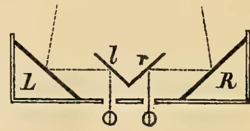


Fig. 108.

430. Pseudoskopische Phänomene.

R, Fig. 109 ist die rechtsäugige Projektion eines abgestutzten Kegels mit dem Beschauer zugewandter Abstutzungsfläche. Durch ein Spiegelprisma (Fig. 104) gesehen erscheint *R* umgekehrt, also wie die linksäugige Projection *L*. Man sieht desshalb, wie erwähnt, eine Pyramide mit gegen den Beschauer gewandter abgestutzter Fläche, wenn man *R* mit dem rechten Auge direkt und zugleich mit dem linken Auge durch das Spiegelprisma betrachtet. Dreht man die Zeichnung um 180°, so erblickt das unbewaffnete Auge das Bild *L*, das bewaffnete aber *R*, d. h. die beiden Projectionen eines Kegels, dessen Abstutzungsfläche dem

Beschauer abgewandt ist und man hat nunmehr die entsprechende körperliche Anschauung. Die Umstülpungen erhabener Reliefs in vertiefte, und umgekehrt, nennt Wheatstone pseudoskopische Erscheinungen. Dieselben gelingen nicht bloss an stereoskopischen Projektionen, sondern auch an den Körpern unmittelbar. Schon das unbewaffnete Auge vermag beim anhaltenden (bi- oder monocularen) Fixiren vertiefte Formen vorübergehend erhaben zu sehen. Besser aber erhält man die Umstülpung mittelst des Spiegelprisma's. Betrachtet man nämlich einen symmetrischen Körper, z. B. ein Krystallmodell, eine aufrecht oder umgekehrt gestellte Porcellanschale, durch ein vor das eine Auge gehaltenes Spiegelprisma und projicirt das Bild auf den mit dem andern Auge direkt gesehenen Körper, so erblickt man die Flächen des Körpers entweder einander mehr oder weniger genähert, oder in einer Ebene liegend, oder endlich den Körper förmlich umgestülpt. Diese Inversion wird viel überraschender, wenn auch das zweite Auge ein Spiegelprisma benützt, und disponirte Augen können nunmehr sogar Inversionen nicht-symmetrischer Objecte erhalten (Wheatstone). Eine Büste wird zur Hohlmaske; man glaubt in einen Globus, selbst wenn er rotirt, hineinzusehen; man erblickt einen vor einer Wand stehenden Körper hinter derselben, die Wand ist also durchsichtig geworden.

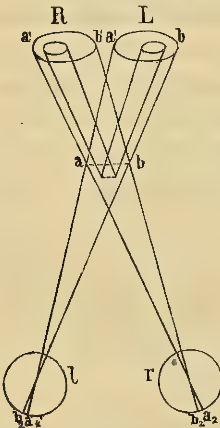


Fig. 109.

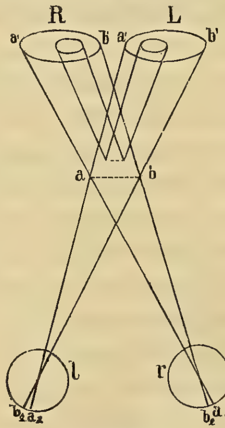


Fig. 110.

Beistehende Figuren geben die stereoskopischen Projectionen der Basis und Abstutzungsfläche des im obigen Beispiel erwähnten Kegels und zwar ist, zur Erläuterung der Inversion, in Figur 109 die Abstutzungsfläche dem Beobachter zugewandt, in Figur 110 von demselben abgewandt. a—b entspricht der Basis des punktirt angegebenen Kegels; R und L sind die Projectionen für das rechte und linke Auge. Die Richtungslinien der Abstutzungsfläche konnten, der Kleinheit der Figur wegen, nicht bis in die Augen gezogen werden.

431. Einfach- und Doppeltsehen mit beiden Augen.

Beide Netzhäute überliefern der Seele zwei Bilder; gleichwohl erblicken wir die Dinge einfach. Das Insekt sieht ebenfalls einfach, obschon ein äusseser Gegenstand hunderte, ja tausende von correspondirenden Bildchen in den einzelnen Augenfacetten entwirft. Das Einfachsehen ist also kein unmittelbarer Empfindungsakt. Das Kind in der ersten Lebenszeit, ehe es seine Augenbewegungen hat beherrschen lernen, muss die Gegenstände doppelt wahrnehmen, soweit von einer sinnlichen „Wahrnehmung" hier schon die Rede sein kann. Mit dem aufmerksameren Sehen beginnt aber ohne Zweifel sogleich auch das richtige Sehen; das Kind

macht die Erfahrung, dass die Doppelbilder unklar und trügerisch sind, während die deutlichen und einfachen Bilder, die es bei der Fixirung der Objekte erhält, der Wirklichkeit entsprechen. Allmälig geht diese Vorstellung von der Einfachheit der Dinge gewissermaassen in die Empfindung selbst über; die auf einem Urtheil beruhenden Seelenoperationen laufen so schnell und so gewohnheitsgemäss ab, dass sie gar nicht mehr zum Bewusstsein kommen; das einfache Ding wird gewissermaassen, wie Volkmann sich ausdrückt, „nicht bloss einfach gedacht, sondern sogleich auch einfach empfunden."

432. Eigenschaften der binocularen Doppelbilder.

Stellen wir uns die Netzhäute beider Augen so über einander gelegt vor, dass die Mittelpunkte beider gelben Flecke, sowie die vertikalen und horizontalen Trennungslinien (373) zusammenfallen, so decken sich jeweils die correspondirenden Punkte beider Netzhäute. „Im Raum correspondirend" sind also in beiden Netzhäuten diejenigen Punkte, welche von den Mittelpunkten beider gelben Flecke, horizontale und parallele Sehaxen vorausgesetzt, nach gleichen Richtungen gleichweit abstehen, also: 1) das Oben beider Retinae, 2) das Unten, 3) des Rechts, 4) des Links. Die Schläfenseite des linken Auges correspondirt mit der Nasenseite des rechten u. s. w.

Der von beiden Augen fixirte Punkt *a* Fig. 111 wird unter allen Umständen einfach gesehen; das Netzhautbild desselben fällt in beiden Augen auf die Mitte des gelben Fleckes. Ein Punkt *p*, der hinter *a* liegt, entwirft seine Netzhautbilder in *n* und *n'* auf den nicht correspondirenden Nasalseiten. Er gibt gleichseitige Doppelbilder, d. h. das linke gehört dem linken Auge an u. s. w., wie man sich durch Schliessen eines Auges leicht überzeugt. Der relativ rechts liegende Punkt *n* des linken Auges wird nämlich als ein linker empfunden. Ein Punkt *p'*, der vor dem fixirten liegt, trifft beide Netzhäute auf nicht correspondirenden Schläfenseiten in *t* und *t'*. Seine Doppelbilder sind ungleichseitige; das linke Doppelbild gehört dem rechten Auge an u. s. w.

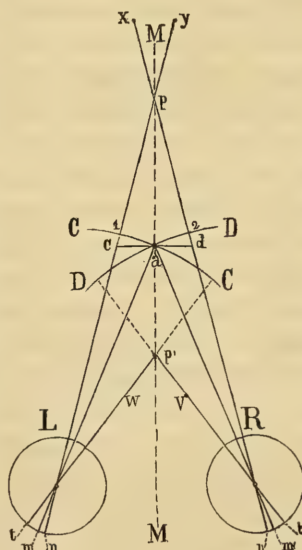


Fig. 111.

Die Doppelbilder zeigen unter sich einen gewissen Abstand. Aus der Figur folgt 1) Je mehr *p* oder *p'* von (dem fixirten) *a* sich entfernen, desto weiter stehen ihre Retinalbildpunkte vom gelben Fleck (*m* und *m'*) ab; desto mehr entfernen sich also auch die Doppelbilder im Raum. 2) Der Abstand der ungleichseitigen Doppelbilder unter sich ist grösser als der der gleichseitigen, wenn *p* und *p'* von *a* gleichweit entfernt sind.

433. Ursachen des Einfach- und Doppeltsehens.

Wir projiciren jeden einzelnen Netzhautpunkt in den äusseren Raum und zwar 1) in der Direction seiner Richtungslinie und 2) in einen bestimmten Abstand vom Auge. Geschehen diese Projectionen des Inhaltes beider Netzhäute richtig, so erscheinen uns die Objektpunkte am wahren Ort, also einfach; kann aber diesen beiden Bedingungen nicht genügt werden, so sehen wir doppelt. (Giraud-Teulon, Nagel.)

I. Die Projection eines Retinalpunktes in die Direction seiner Richtungslinie, also die Beurtheilung der Richtung der Sehobjecte, hängt ab von dem, namentlich auf dem feinen Gemeingefühl der Bulbusmuskeln beruhenden, Bewusstsein unserer jeweiligen Augenstellung (414). Verschiebt man mittelst Fingerdruck den Augapfel, so tritt sogleich Doppeltsehen ein; denn durch die passive Bewegung ist das Gefühl der Augenstellung gefälscht, so dass das Auge uns noch in der Lage vorkommt, welche der bestehenden Muskelkontraktion entspricht (Nagel).

II. Zur Projection der Netzhautbilder in einen bestimmten Abstand vom Auge dienen die in 416 betrachteten Anhaltspunkte. Dieselben unterstützen wesentlich unsere Vorstellung über den Abstand der Gegenstände; sie fallen aber grossentheils aus in den möglichst zu vereinfachenden physiologischen Versuchen über Doppelt- und Einfachsehen, und gleichwohl erscheinen auch dann noch die Doppelbilder in einem gewissen Abstand von den Augen. Wir stellen hierüber folgende Grundnorm auf. Wir sind gezwungen, die Doppelbilder von Punkten hinter dem fixirten Punkt in einen Abstand vom Auge zu verlegen, der näher ist als der doppelt gesehene Punkt; die Doppelbilder von Punkten vor dem fixirten Punkt dagegen in einen Abstand, der den Augen ferner liegt als der doppelt gesehene Punkt. Wäre es anders, würden z. B. beim Fixiren von a, Fig. 111, die doppelt empfundenen Retinalpunkte n nach y und n' nach x, sowie die Retinalpunkte t nach w und t' nach v projicirt, so würde die linke Stelle t der linken Retina ihre Erregung nach links, die rechte Stelle n ihre Erregung nach rechts von der Medianebene MM projiciren. Ein Rechts in der Netzhaut kann aber nimmermehr einem Rechts im gemeinsamen Sehfeld entsprechen, wir projiciren also in solche äussern Distanzen, wie es die Umkehr der Netzhautbilder, mit einem Wort unsere gewonnene Erfahrung über die Beziehungen zwischen Augenstellung und Sehfeld, verlangt.

Mit unserer Norm ist aber der genauere Abstand der Doppelbilder von den Augen noch nicht definirt; auf die hier zu Grund liegenden, zudem noch wenig untersuchten Momente, kann nicht eingegangen werden. Wir schliessen uns, um einen einfachen Ausdruck zu gewinnen, der freilich nicht streng richtigen Annahme Nagel's an: zwei durch den Fixirpunkt gehende Kugelflächen — sog. Projectionssphären — CC und DD Fig. 111, deren Centren die Kreuzungspunkte der Richtungslinien in jedem Auge sind, sind die Flächen, auf welche die Doppelbilder projicirt werden.

Zur Bestimmung der Richtung des Doppelbildes beim kranken Doppeltsehen benützt Gräfe eine grosse Tafel, die in viele numerirte Quadrate getheilt ist. Die Gesichtsfläche des Kranken ist parallel mit der, möglichst weit abstehenden Tafel. Ein Licht wird vom Centrum der Tafel allmälig nach rechts, links, oben und unten bewegt und der Kranke hat für jede Stellung des Lichtes das Quadrat anzugeben, in welches das Doppelbild fällt.

Aus der Lage des Doppelbildes wird die entsprechende Augenstellung nach der Norm des § 398 gefunden; die scheinbare Distanz beider Bilder verhält sich zur Excentricität des Netzhautbildchens im kranken Auge, wie sich die Entfernung der Tafel vom Kreuzungspunkt der Richtungslinien verhält zur Entfernung dieses letzteren Punktes von der Netzhaut.

434. Projection der Doppelbilder nach Aussen.

Zur Wahrnehmung der Hauptsache ist nachstehender, von Meissner näher verfolgte Grundversuch empfehlenswerth: Man fixirt mit beiden, horizontal gerichteten Augen einen nahen Punkt; in einigem Abstand hinter letzterem befinde sich ein Faden und zwar senkrecht zu der Ebene, welche die beiden optischen Axen einschliesst (sog. Visirebene). Ist *a* Fig. 111 der Fixirpunkt, so stellt eine senkrecht auf die Papierebene, durch *p* gezogene Gerade den Faden dar. Beide Sehobjecte seien in der Medianebene *MM*. Der Faden erscheint als paralleles Doppelbild. Die Interpretation ist nach Nagel folgende: zieht man von jedem Punkt des Fadens die Richtungslinien zu den zugehörigen Retinalpunkten beider Augen, so bekommt man 2 senkrechte Ebenen, welche die Richtungslinien einschliessen. Diese Ebenen müssen die oben definirten Projectionssphären in 2 grössten Kreisen schneiden (die Kreise schneiden die Visirebene in Punkt 1 und 2 Fig. 111). Die Kreise selbst treffen einander in keinem Punkt; die Bilder des Fadens, als Sehnen dieser Kreise betrachtet, sind also einander parallel.

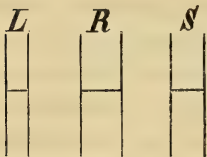
Steht der Faden nicht mehr senkrecht, so neigen sich die Doppelbilder. Kehrt sich z. B. das obere Ende dem Beobachter zu, so stehen die Doppelbilder oben einander näher, sie convergiren also nach oben und kreuzen sich sogar bei einer bestimmten Fadenneigung. Zieht man wiederum von jedem Punkt des Fadens die entsprechenden Richtungslinien, so müssen die 2 Ebenen, welche die Richtungslinien beider Augen einschliessen, die Projectionssphären so treffen, dass die dadurch entstehenden Schnittkreise mit ihren oberen Enden gegen einander sich neigen oder, wenn die Neigung stark genug ist, sich schneiden.

Der Neigungswinkel der die Doppelbilder enthaltenden Schnittkreise hängt also ab von dem Winkel, den das doppeltgesehene Object mit der Visirebene bildet und die Schiefheit der Doppelbilder folgt nothwendig aus der perspektivischen Projection auf die Netzhäute und der Rückprojection in die Projectionssphären (Nagel).

435. Vernachlässigung der Doppelbilder.

Die Retinalbilder vieler Objekte sind so gelagert in beiden Augen, dass ihre zusammengehörigen Punkte im Raum nicht zur Deckung kommen und gleichwohl erscheinen uns auch solche Gegenstände aus folgenden Gründen gewöhnlich nicht doppelt: 1) Die Aufmerksamkeit ist dem fixirten Objekt zuge-

wandt. 2) Das Seitliche im Sehfeld ist, nach Form und Farbe, viel weniger deutlich. 3) Wir sind accommodirt besonders für den fixirten Punkt. 4) Die Doppelbilder liegen meist nahe bei einander, desshalb decken sie sich grossentheils bei breiteren Objekten, so dass zu Versuchen über Doppeltsehen feine, helle Objekte, z. B. eine Linie, erforderlich sind. 5) Unsere Erfahrung der Zusammengehörigkeit der Doppelbilder prädominirt; es findet ein gewisser psychischer Zwang statt, die Doppeleindrücke zu verschmelzen. Desshalb ist a) sogar Anstrengung nöthig um gewöhnliche Gesichtsobjekte mit 2 Augen zweifach zu sehen, sowie auch b) zwei nicht streng richtige stereoskopische Projectionen immer noch einheitlich und körperlich gesehen werden. Ist jedoch der Unterschied zu gross, oder kommen neue Linien hinzu, welche die Vorstellung stören, weil dieselben nicht mehr einem Gegenstand entsprechen und desshalb nicht zur stereoskopischen Projection gebracht werden können, so hört die Verschmelzung auf (Panum, Volkmann).



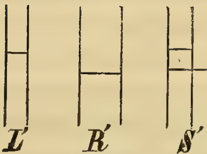


Fig. 112.

Die Parallelen R und L, Fig. 112, verschmelzen im Stereoskop zum Bild S und zwar auch dann, wenn sie durch Querstriche verbunden werden. Die Querstriche dürfen sogar eine kleine Differenz zeigen. Werden dagegen die Parallelen L' und R' durch Querstriche verbunden, die in bedeutend verschiedenen Höhen liegen, so hat man das Sammelbild S'.

436. Aeltere Theorie des Einfachsehens.

Man nahm an, dass alle diejenigen Sehfeldspunkte einfach gesehen werden, deren Bilder auf correspondirende (s. 432) Stellen beider Netzhäute fallen; die gleichzeitige Erregung solcher, functionell als zusammengehörig angesehener Punkte beider Netzhäute müsse nothwendig zur Einheit verschmelzen und Joh. Müller wählte fur dieselben sogar den Ausdruck »identische« Stellen. Alle anderen Sehfeldspunkte, deren Bilder beiderseits auf nichtcorrespondirende (sog. »differente«) Retinalstellen fallen, müssten dagegen zweifach gesehen werden, wenn nicht die oben besprochene Vernachlässigung des Doppelbildes sich geltend mache. Brücke, Meissner, Panum, Volkmann u. A., welche diese fast allgemein getheilte Ansicht experimentell prüften, führten höchstens solche Modificationen ein, welche die Lehre von der Identität beider Retinae im Wesentlichen nicht alterirten. Die Lehre ist aber nicht haltbar, denn: 1) die stereoskopischen Projectionen eines Gegenstandes sind verschieden für beide Augen und fallen somit nothwendig auf nicht correspondirende Stellen beider Netzhäute. Gleichwohl werden sie einfach gesehen und mit dem Charakter der Körperlichkeit. Die gleichzeitige Reizung nicht-correspondirender Stellen beider Retinae kann also zur Einheit der Empfindung verschmelzen (Wheatstone). 2) Andererseits werden selbst die Bilder correspondirender Netzhautstellen unter Umständen als doppelte in das gemeinsame Sehfeld

projicirt (Nagel, Wundt). Beweis: die Parallelen *a—b* links und *a'—c* rechts Fig. 113, haben gleichen Abstand. Fixirt man im Stereoskop die Linien *a* und *a'*, so verschmelzen zum Einfachen *a a'*, dessgleichen *bb'* (letztere Combinationslinie liegt nach Früherem, hinter der Papierfläche); *c* dagegen erscheint für sich. Also werden *b* und *c* an verschiedenen Orten, d. h. doppelt gesehen, obschon ihre Netzhautbilder auf correspondirende Stellen fallen.

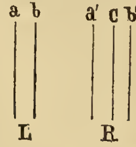


Fig. 113.

437. Objectbilder correspondirender Netzhautstellen.

Schliesslich untersuchen wir, welche Punkte des Sehfeldes entwerfen ihre Bilder auf correspondirenden Netzhautstellen. Diese Frage war für die Doctrin von den identischen Stellen beider Netzhäute von besonderer Wichtigkeit. Man nannte den Inbegriff aller dieser Punkte Horopter; das im Horopter Gelegene sollte einfach, das ausserhalb desselben Gelegene dagegen doppelt gesehen werden.

Der Horopter wurde 1) geometrisch construirt. Die jedesmaligen Augenstellungen müssen natürlich gegeben sein (P. und A. Prevost, J. Müller). Oder 2) man ermittelt experimentell die Theile des Raums, die bei den verschiedenen Augenstellungen einfach oder doppelt erscheinen (Baum, Meissner, Wundt).

Der Horopter wechselt bedeutend in Form und Ausdehnung je nach den Augenstellungen: I. Primärstellung, d. h. Parallelismus der gerade vorwärts gerichteten Sehaxen. Die Richtungslinien aller correspondirenden Netzhautpunkte sind einander parallel; sie schneiden sich also nicht wirklich, sondern erst in unendlicher Ferne. Für das Sehen in die Ferne kann demnach annähernd der Horopter gelten als eine zum Verlauf der optischen Axen senkrecht gestellte Ebene (resp. mit Tiefendimension). Punkte aus weiter Ferne entwerfen ihre Retinalbilder (nahezu) auf correspondirende Stellen. II. Secundärstellungen (374), wobei die verticalen Trennungslinien beider Augen ihren Parallelismus bewahrt haben. Wird ein Punkt in der Medianebene fixirt, so ist der Horopter 1) eine Kreislinie und 2) eine auf dieser vertical stehende und zugleich durch den fixirten Punkt gezogene Gerade.

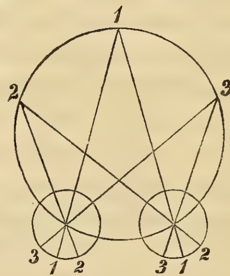


Fig. 114.

Die Nothwendigkeit des Horopterkreises für diesen Fall ergiebt Fig. 114, welche einen Durchschnitt beider Augen in deren horizontalen Trennungslinien darstellt. Der fixirte Punkt 1 entwirft seine Retinalbildchen auf die Mitten beider gelben Flecke, d. h. die beiden correspondirenden Netzhautpunkte 1; ebenso fallen die Netzhautbilder von Punkt 2 auf die correspondirenden Stellen 2. Das Gleiche gilt von allen Punkten, z. B. 3, die in einer Kreislinie liegen, welche ausser dem fixirten Punkt die Kreuzungspunkte der Richtungslinien beider Augen enthält. — Ausserdem müssen aber auch die Richtungslinien je zweier correspondirenden Punkte der vertikalen Trennungslinien beider Augen sich in der oben definirten senkrechten Horopterlinie schneiden.

III. Symmetrische Tertiärstellungen (375). In Folge von Rad-

drehungen haben die verticalen Trennungslinien beider Augen ihren Parallelismus aufgegeben, doch stehen sie symmetrisch zur Medianebene. Der Horopterkreis fällt weg und es bleibt nur noch übrig eine, in der Medianebene durch den Fixirpunkt gezogene gerade Horopterlinie von (grösserer oder geringerer) Neigung zur Visirebene. IV. Bei allen unsymmetrischen Tertiärstellungen (Convergenzen) ist der Horopter bloss ein Punkt, in dem sich beide optische Axen schneiden.

Zur Demonstration dieser Verhältnisse dient Rüte's Horopterapparat, in welchem jedes Auge durch 2 Messingringe dargestellt ist. Letztere sind rechtwinklig mit einander verbunden; in den einen fällt die horizontale, in den andern die verticale Trennungslinie. Mehrere lange Stäbe repräsentiren die optischen Axen, sowie die Richtungslinien einiger correspondirender Punkte der horizontalen und verticalen Trennungslinien beider Augen. Jedes Auge ist frei drehbar um ein in seinem Centrum befindliches Kugelgelenk und bei jedweder Augenstellung liegen allemal diejenigen Raumpunkte im Horopter, in welchen die correspondirenden Stäbe beider Augen sich kreuzen.

438. Vollständige Ungleichheit beider Sehfelder.

Das Bisherige galt ausschliesslich dem binocularen Sehen eines und desselben Gegenstandes; beide Sehfelder hatten also einen zusammengehörigen und zu dem nur wenig verschiedenen Inhalt. Bringt man aber im Stereoskop zwei ganz verschiedene Zeichnungen zur Deckung, so sind folgende Fälle möglich: 1) Beide Netzhautbilder projiciren sich neben einander und zwar vollständig; z. B. das für das linke Auge gezeichnete Haus steht neben dem Baum, den das rechte betrachtet. Oder die eine Hälfte einer Figur steht so neben der anderen, dass beide zu einem regelmässigen Ganzen verschmelzen. Die Contouren beider Netzhautbilder werden also einfach und unverändert mosaikartig eingetragen in das gemeinsame Sehfeld. Diess ist immer der Fall, wenn beide Zeichnungen sich nicht kreuzen. 2) Von jedem Netzhautbild erscheint bloss ein Bruchstück; man sieht dann ein unregelmässiges verwirrendes Ganze. 3) Beide Netzhautbilder erscheinen wiederholt abwechselnd: der sog. Wettstreit der Sehfelder. Die beiden letzten Fälle ereignen sich besonders dann, wenn die Zeichnungen sich kreuzen im gemeinsamen Sehfeld. In allen Fällen aber gilt als Grundnorm: die Contouren des einen Sehfeldes wiegen vor über gleichmässige Grundfärbungen des anderen (Panum).

E. Farbenwahrnehmungen.

439. Optisch einfache Farben.

Das Sonnenlicht besteht aus Strahlen von verschiedener Brechbarkeit, in welche es durch prismatische Medien zerlegt werden kann. Das auf einem weissen Schirm aufgefangene Sonnenspectrum giebt das bekannte Farbenbild des Regenbogens, in welchem man als Hauptfarben herkömmlich hervorhebt:

Roth, Orange, Gelb, Grün, Blau, Indigblau, Violett.

Die rothen Strahlen sind am Wenigsten, die violetten am Stärksten brechbar.

Vom Roth bis zum Violett wachsen allmälig die Schwingungszahlen des Lichtäthers, wogegen die Wellenlängen immer mehr abnehmen. Das äusserste Roth macht 481, das äusserste Violett 764 Billionen Schwingungen in der Secunde. Lichtstrahlen von bestimmter Brechbarkeit, oder Schwingungen des sog. Lichtäthers von bestimmten Zahlen (und Wellenlängen) erregen also in uns die Empfindung bestimmter Farben. Die Spectralfarben können nicht weiter zerlegt werden; sie heissen desshalb optisch-einfache oder homogene Farbe.

Auch jenseits des äussersten Violettes des gewöhnlichen Spectrum's existiren noch Lichtstrahlen (Ultraviolett). Dieses in der Regel unsichtbare Licht erregt unser Auge unter gewöhnlichen Verhältnissen zu wenig; es wird aber sichtbar, wenn die helleren Theile des Spectrum's abgehalten werden. (S. auch die Lehre von der sog. Fluorescenz in den Lehrb. der Physik.)

440. Optisch zusammengesetzte Farben.

Treffen zwei optisch einfache Farben dieselbe Retinastelle, so haben wir die Sensation einer Mittelfarbe. Hierbei gelten folgende Regeln:

Gewisse Combinationen von je 2 Spectralfarben führen zu Weiss, und zwar nach Grassmann und Helmholtz: Roth und Blaugrün — Orange und Blau — Gelb und Indigblau — Grünlichgelb und Violett. Zwei Farben, die zusammen Weiss geben, heissen complementäre. Zur Bestimmung der Mischfarben dient folgendes, annähernd richtige Constructionsverfahren. Auf die Kreislinie, Fig. 115, werden die spectralen Farben so aufgetragen, dass je 2 complementäre einander gegenüberstehen. Jeder Punkt der Kreislinie entspricht also einem bestimmten Farbenton; das Centrum aber dem Weiss. Geht man von irgend einem Punkt des Kreisumfanges, z. B. Blau, durch eine Gerade zum Centrum, so liegen auf dieser Linie successiv immer weniger gesättigte Farben bis zu einem kaum noch bläulichen Weiss.

Purpur ist eine neue, im Spectrum nicht auftretende Farbe; sie muss ebenfalls in unsere Figur aufgetragen werden und zwar gegenüber dem Grün, zu welchem sie complementär ist.

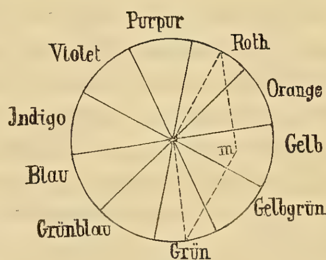


Fig. 115.

Werden 2 beliebige, durch entsprechende Radien repräsentirte Farben mit einander vermischt, so zieht man die Diagonale des Parallelogrammes, welches die beiden Radien zu Seiten hat; die Richtung der Diagonale giebt alsdann den Ton, die Länge die Sättigung der Mischfarbe an. Roth und Grün z. B. (s. die punktirten Linien *b* und *a* der Figur) geben zusammen (im Punkt *m*) Weisslich gelb.

Die Betrachtung der Figur führt unmittelbar auf folgende Normen: I) Mischt man 2 Farben, die einander im Spectrum näher stehen als die complementären, so erhält man eine der zwischenliegenden Farben. Die Mischung zieht um so mehr in's Weissliche, je grösser der Abstand der gemischten Farbe ist, während

sie andererseits um so gesättigter wird, je kleiner der Abstand der beiden spectralen Farben. II) Mischt man aber 2 Farben, die im Spectrum weiter von einander abstehen als die complementären, so erhält man Purpur (diess durch Mischung von Roth und Violett) oder eine Farbe, die zwischen einer der gemischten Farben und dem entsprechenden Ende des Spectrum's liegt; z. B. Roth und Blau geben weisslich Violett oder weisslich Purpur (Rosa).

Es kann also nicht bloss dasselbe Weiss durch verschiedene Paare complementärer Farben, sondern auch dieselbe anderweitige Farbe (in der Regel) durch verschiedene Paare einfacher Farben erzeugt werden; unser Sinn ist aber ohne Zuhülfenahme optischer Instrumente nicht im Stande zu erkennen, welche einfache Farben in einer zusammengesetzten enthalten sind.

Werden endlich drei oder viele optisch einfachen Farben mit einander gemischt, so entstehen immer nur solche Mischfarben, die auch aus 2 einfachen erhalten werden können; z. B. Roth, Grün und Blau geben ein weissliches Blaugrün. Alle einfachen Strahlen in der Mischung, wei sie das Sonnenlicht enthält geben Weiss.

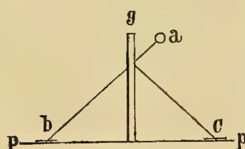


Fig. 116.

Das einfachste Hülfsmittel, um verschiedenfarbiges Licht zusammenzusetzen, ist nach Helmholtz folgendes. Auf einem schwarzen Papier *p*, Fig. 116, steht senkrecht die Glasplatte *g*. Das Auge *a* erblickt das durchgelassene Licht der Farbe *b*, sowie das von der Platte reflectirte der Farbe *c*. Beide Bilder decken sich auf der Retina und veranlassen eine Mischfarbe.

441. Grundformen der Farbenempfindungen.

An jedem Licht- und Farbeneindruck lassen sich drei verschiedene Momente des Empfindungszustandes unterscheiden, die von bestimmten, mathematisch ausdrückbaren Zuständen des objektiven Lichtes selbst abhängen.

Die Hauptqualität der Farben, der sog. Farbenton, wird ausschliesslich bedingt von der Wellenlänge (Schwingungszahl) des oscillirenden Lichtäthers. Einander nahe stehende Schwingungszahlen machen auf uns den Eindruck verwandter Farbentöne. Durchlaufen wir desshalb mit dem Blick das Spectrum vom äussersten Roth an, so reihen sich die Empfindungszustände an einander an und wir haben deutlich das Gefühl eines gewissen Fortganges, ja es schliesst sich sogar der Eindruck des äussersten Violettes wieder an den des äussersten Rothes.

Ausserdem unterscheidet man die Sättigung (Lebhaftigkeit) der Farben. Die »gesättigten« Farben bieten die geringste Aehnlichkeit mit Weiss; zu ihnen gehört ausser den spectralen Farben noch das Purpur. Werden also die letzteren mit weissem farblosem Licht gemischt, so erscheinen sie weniger gesättigt; je nach der Menge des beigemischten weissen Lichtes bietet jede Farbe alle Stufen von Uebergängen ins Weissliche (Blasse, Matte) dar. Manche derselben bezeichnen wir mit eigenen Namen, z. B. weissliches Roth als Fleischfarbe, weissliches Blau als himmelblau.

Endlich unterscheidet das Auge am Weiss wie an jedem Farbenton die Intensität (Lichtstärke). Jede gesättigte Earbe bietet durch allmälige Abnahme der Lichtmenge alle Uebergänge in's Dunkele. Manche derselben führen wiederum besondere Namen, z. B. lichtschwaches Gelb heisst Braun, lichtschwaches Grün Olivengrün. Lichtarmes Weiss ist Grau.

Ein gemischtes Licht ist objektiv charakterisirt durch die Angabe, wieviel Licht von jeder Wellenlänge in der Mischung enthalten ist. Das gemischte Licht kann unter Umständen unendlich viele Strahlen verschiedenartigen Lichtes enthalten, immer aber ist der Eindruck, welchen dasselbe auf unser Auge macht, zurückzuführen auf die eben erörterten 3 Momente, d. h. die Menge Weiss und die Menge und Wellenlänge einer Spectralfarbe; mit andern Worten: jedweder Licht- (Farben-) Eindruck ist hervorzurufen durch eine gewisse Menge einer bestimmten gesättigten Farbe mit einer gewissen Menge Weiss (Grassmann).

442. Farbenunterscheidung.

Die deutlichsten Farbenwahrnehmungen vermittelt der gelbe Fleck der Netzhaut. Die Farben der seitlicheren Sehfeldsobjekte nehmen an Lebhaftigkeit ab, ja bei einem gewissen Winkelabstand des farbigen Objektes von der optischen Axe verschwindet für uns dessen Farbe gänzlich und dasselbe erscheint bloss hell, wenn es auf schwarzem Grunde, oder dunkel, wenn es auf weissem Grunde gesehen wird (Purkinje, Aubert). Einzelne Menschen haben einen sehr entwickelten Farbensinn; sie erkennen z. B. eine Anzahl von Nuancen von Blau, welche auf die Mehrzahl keine merklich verschiedenen Eindrücke machen. Andererseits unterscheiden Einzelne selbst sehr ungleiche Farbentöne nicht (Farbenblindheit), ein Zustand der auf fehlerhaften Energieen des nervösen Sehapparates beruht. Verhältnissmässig am häufigsten ist die Rothblindheit (sog. Daltonismus). Die mit dem höchsten Grade dieses Uebels Behafteten unterscheiden im Spectrum nur zwei Farben. Gelb nennen sie meistens alle Farben vom Roth bis zum Grün, den Rest aber bezeichnen sie als Blau. Von Pigmentfarben verwechseln sie z. B. Roth mit Grün, Braun u. s. w.

443. Primäre Nachbilder.

Betrachtet man auch nur einen Augenblick ein nicht zu lichtschwaches Objekt, so versetzt dasselbe die Netzhaut in eine gewisse Erregung, welche auch nach Entfernung des Objektes nicht sogleich verschwindet. Die betreffende Empfindung dauert also noch ein Weilchen fort, d. h. der Gegenstand hinterlässt im Auge ein sog. Nachbild. Die hellen Parthieen des Objektes erscheinen hell, die dunkelen dunkel, daher der Name positive Nachbilder, gegenüber den negativen (444), die sich umgekehrt verhalten. Ueberhaupt ist diese Fortdauer der Erregung dadurch charakterisirt, dass die Empfindungen ihre ursprünglichen Farbenqualitäten bewahren; daher auch die Bezeichnung primäre Nach-

bilder im Gegensatz zu den secundären (444). Die Nachwirkungen dieser Netzhauterregungen halten übrigens nur etwa $^{1}/_{50}$ bis höchstens $^{1}/_{2}$ Sekunde an.

Werden verschiedene Farben in schnellem Wechsel dem Auge vorgeführt, so entsteht die Empfindung einer einzigen Farbe, indem die neue Sensation sich einstellt, ehe die vorhergegangene abgeklungen ist. Am Besten wählt man hiezu den sog. Farbenkreisel, eine runde mit farbigen Sectoren versehene Scheibe, welche schnell um ihren Mittelpunkt rotirt.

Der Apparat dient demnach auch zu Versuchen über Mischfarben; entsprechen die Sectoren den Hauptfarben des Spectrums, so kann man sogar ein befriedigendes homogenes Weiss erhalten. Plateau trug auf eine schwarze Scheibe einen Sector von irgend einer Farbe auf; von einer gewissen Umdrehungsgeschwindigkeit an erschien die ganze Scheibe mit der, selbstverständlich lichtschwachen, Farbe des Sectors überzogen; die Dauer des Farbeneindruckes (bis zu dessen Erblassen) ist also ungefähr = einem Umgang der rotirenden Scheibe, d. h. etwa $^{1}/_{3}$ Secunde.

Die Nachbilder führen zu mancherlei Täuschungen über die Gestalten und Bewegungen der Objekte. Eine mit einer gewissen Geschwindigkeit im dunkeln Raum im Kreis herumbewegte feurige Kohle macht den Eindruck einer feurigen Kreislinie; die Rakete, der Blitz, die Sternschnuppe bedingen ebenfalls einen continuirlichen Eindruck. Zeichnet man auf jede Seite einer Scheibe ein Bild (sog. Thaumotrop), so vereinigen sich die Bilder, wenn die Scheibe schnell gedreht wird, zu einem Ganzen. Hieher gehört auch die stroboskopische Scheibe (Stampfer, Plateau). Man zeichnet einen Gegenstand mehrmals auf die Peripherie eines Kreises und zwar in verschiedenen successiven Phasen einer Gesammtbewegung, z. B. eines Sprunges. Werden diese Bilder mit einer gewissen Geschwindigkeit an dem Aug vorbeibewegt, so nimmt man nur einen, aber in Bewegung begriffenen Gegenstand wahr.

444. Ermüdung des Auges durch Licht und Farben.

Fixirt man mit dem Blick anhaltend einen schwarzen Fleck auf weisser Fläche, so wird letztere zunehmend grauer (lichtschwacher), da das Weiss eine immer schwächere Erregung der Netzhaut hervorbringt. Entfernt man nunmehr den schwarzen Fleck, so ist das Nachbild desselben auffallend weiss, also ein negatives. Das Schwarz hat die betreffende Netzhautstelle geschont und dieselbe für Weiss um so empfänglicher gemacht.

Betrachtet man ein farbiges Objekt länger, so verliert die Farbe die frühere Lebhaftigkeit; richtet man nun das Auge auf eine weisse oder schwarze Fläche, so erscheint das Nachbild des Objektes in dessen komplementärer Farbe. Hat man z. B. Roth angeschaut, so ist dessen Nachbild Blaugrün. Solche Nachbilder heissen secundäre. Die objektiven Farben werden in diesem Retinalzustande anders empfunden, als unter gewöhnlichen Verhältnissen: daher bezeichnet man die betreffenden, besonders von Plateau, Fechner und Brücke untersuchten Wahrnehmungen als subjective, physiologische oder accidentelle Farben.

Durch fortgesetztes Betrachten einer Farbe wird die Netzhaut in einen

einseitigen Erregungszustand von einer gewissen Nachhaltigkeit versetzt, während welches sie für die primäre Farbe abgestumpft ist. 1) Wird nun das Auge sich selbst überlassen, d. h. alles Licht abgehalten, so waltet dieser Erregungszustand vor: man sieht die Complementärfarbe. 2) Betrachtet man dagegen Weiss (von mässiger Helligkeit), so erscheint die complementäre Farbe noch lebhafter, weil die im Weiss enthaltenen Strahlen (minus diejenigen, für welche das Auge abgestumpft ist) die vorhandene Erregung verstärken. 3) Blickt man auf die Complementärfarbe, so erscheint diese dem ohnediess in dieser complementären Farbenstimmung befindlichen Auge noch lebhafter. 4) Wendet man das Auge auf die primär betrachtete Farbe, für welche die Retina die Empfindlichkeit momentan verloren hat, so vermag diese nur eine lichtschwache Empfindung auszulösen, d. h. man sieht eine Art Grau. 5) Blickt man auf irgend eine andere Farbe, so combinirt sich diese mit der vorhandenen subjektiven Farbenstimmung. Z. B. Blaugrün hat das Auge in die Farbenstimmung Roth versetzt; objektives Gelb erscheint nunmehr orange, objektives Blau aber violett u. s. w.

Die secundären Nachbilder verändern ihren Ort mit den Augenbewegungen, ihre Grösse mit dem Abstand der Fläche, auf die sie projicirt werden. Ihre Stärke und Dauer nimmt zu mit zunehmender Heftigkeit und Dauer des primären Eindruckes; sie verschwinden übrigens weder plötzlich, noch durch successives Erblassen, sondern unter mannigfaltigem Farbenwechsel: sog. Abklingen der Nachbilder. Auch die Nachbilder weisser Objecte können diese Farbenwechsel bieten. Durch Uebung gelingt dem dazu Disponirten ein besonders langes Festhalten der Nachbilder. Intensive Nachbilder können übrigens auch von Objekten entstehen, die der Aufmerksamkeit vollständig entgangen waren (Fechner). Die Nachbilder der seitlichen Sehfeldsobjekte sind schwächer und von kürzerer Dauer als die der fixirten (Aubert).

445. Contrastwirkungen.

I. Contraste der Farbentöne (Chevreul, Brücke). Zwei Farben neben einander bedingen jede etwas andere Eindrücke, als wenn wir sie einzeln für sich betrachten. Am bemerkenswerthesten ist folgende Thatsache: eine Farbe *a* neben eine andere *b* gestellt, nähert sich etwas der complementären Farbe von *b*. Ein weisses, graues oder schwarzes Objekt auf breitem farbigen Grunde bekommt einen deutlichen Anflug der complementären Farbe dieses Grundes. Auch folgt aus dem Satze weiter, dass die complementären Farben, wenn sie neben einander stehen, uns lebhafter und gesättigter erscheinen.

II. Contraste der Lichtstärken. Jeder Sehfeldsbezirk sieht neben einem helleren dunkler und neben einem dunkleren heller aus. Ausserdem aber erscheinen uns hell erleuchtete Gegenstände grösser im dunkeln Raum, sowie umgekehrt dunkle Körper kleiner auf erleuchteter Fläche (sog. Irradiationsphänomene). Manche Erscheinungen letzterer Art beruhen übrigens, wenigstens zum Theil) darauf, dass das Auge für den Leuchtkörper nicht gehörig accommodirt ist, so dass das Retinalbild des letzteren starke Zerstreuungskreise bildet, also grösser wird. Aber auch bei richtiger Accommodation kann die hellleuchtende Parthie des Sehfeldes grösser erscheinen; hieher gehören z. B. die Vergrösserung der

Sterne in der Nacht, gegenüber der Dämmerung, oder die helle Mondsichel, welche als ein Theil einer grösseren Kreisfläche erscheint als die übrigen, nur schwach erleuchteten Parthieen der Mondscheibe.

446. Verschiedene Farben beider Sehfelder.

Betrachtet jedes Auge eine besondere Farbe, so dass beide Farben correspondirende Stellen beider Retinae treffen (am besten bedient man sich auch hierzu des Stereoskopes), so sind folgende Fälle möglich: 1) Der sog. Wettstreit der Sehfelder, d. h. beide Farben (namentlich wenn sie lichtstark sind, Panum) tauchen abwechselnd auf im gemeinsamen Sehfeld. 2) Es überwiegt eine Farbe, ohne jedoch ganz rein zu sein (wie man beim Schliessen eines Auges sogleich wahrnimmt). 3) Ein Theil des Sehfeldes erscheint in der einen, ein anderer in der zweiten Farbe. 4) Beide Farben verbinden sich deutlich zu einer Mischfarbe (Haldat, Dove, Brücke). Die oft angezweifelte Sensation der Mischfarbe tritt wohl für Jeden überzeugend ein, wenn man die beiden primären Farben zur Vergleichung daneben stellt. Die durch die Farben gesetzten Erregungszustände können also einzeln dem Gehirn zugeführt werden, um dort zur resultirenden Empfindung zu verschmelzen.

Bringt man eine weisse und schwarze, oder zwei verschieden gefärbte Flächen im Stereoskop zur Deckung (jedoch führt nicht jede Zusammenstellung zum Ziel), so nimmt die Mischfarbe des gemeinsamen Sehfeldes einen auffallenden Glanz an, wahrscheinlich die Folge der Zusammenwirkung von äusserlich gespiegelten mit innerlich gespiegeltem (zerstreutem) Licht (Dove).

Beim Wettstreit der Farben beider Sehfelder erfolgt auch hier der Durchgang von einer Farbe zur andern durch eine wirkliche Combination des Inhaltes beider Sehfelder, wie Dove aus dem momentan eintretenden Glanz beweist. Betrachtet man z. B. mit einem rothen Glas vor dem einen und einem grünen Glas vor dem andern Auge ein grünes Bild auf rothem Feld, so erscheint zuerst das Bild dunkel auf rothem Grund, dann das Ganze lebhaft glänzend, dann verdunkelt sich Roth, während man Grün sieht, hierauf kommt wieder der Glanz u. s. w.

Wie sehr Farbenempfindungen, die durch ein Auge vermittelt werden, auch auf das andere bestimmend wirken können, beweist folgender Versuch Fechner's. Sieht man mit dem Auge *a* durch ein gefärbtes Glas gegen den Himmel, währende Auge *b* entweder geschlossen bleibt oder ohne Farbenglas den Himmel (oder Weiss) betrachtet, so wird *a* zu Nachbildern disponirt von der zum Farbenglas complementären Farbe, *b* dagegen zu Nachbildern von gleicher Farbe wie das Farbenglas. Diese Erfahrung besagt nichts anderes als: die durch eine Farbe direkt gereizte Netzhaut, sammt ihrem Centralapparat, kommt in viel stärkere Affektion, als der nervöse Apparat des andern Auges; letzteres zeigt desshalb bloss gleichfarbige (primäre) Nachbilder. Man kann daher auch nach monocularem Betrachten einer Farbe ein starkes complementäres Nachbild erhalten in einer Periode, wo das geschlossen gebliebene Auge noch keine Spur eines primären Nachbildes vermittelt.

447. Lichtstärke.

Kleine Lichtmengen empfinden wir nicht; die Stärken unserer Empfindungen wachsen mit zunehmenden Lichtmengen; überschreiten die letztern aber eine gewisse Grenze, dann tritt die mehr oder minder schmerzhafte Sensation der Blendung ein. Kommen wir nach nicht zu kurzem Aufenthalt in einem dunkeln

Raum in einen auch nur mässig hellen, so sind wir vorübergehend geblendet. Anhaltender Aufenthalt im Dunkel befähigt das Auge, auch bei höchst geringen Lichtmengen noch mehr oder weniger deutlich zu sehen.

Unsere Empfindungen des Lichten haben keine deutlichen Multipla, d. h. wir merken bloss, dass die eine Lichtquelle mehr oder weniger stärker ist als die andere. Wir haben desshalb zur subjektiven Vergleichung der Lichtstärken nur ein Mittel: die Bestimmung, unter welchen Verhältnissen zwei, absolut verschieden starke Lichtquellen auf uns den Eindruck gleicher Stärke machen, resp. wann der eben noch merkliche Unterschied beider Lichtstärken verschwindet. Darauf beruhen viele photometrische Methoden der Physiker. Helligkeitsdifferenzen von etwa $\frac{1}{60}$ vermögen wir gewöhnlich, solche von $\frac{1}{100}$ bis $\frac{1}{120}$ unter besonders günstigen Bedingungen noch zu erkennen. Ein schwaches Licht im hellen Sonnenschein, z. B. die Sterne, nehmen wir nicht mehr wahr, weil die Differenz zwischen dem reflektirten Licht der Atmosphäre und dem Licht der Sterne viel zu gering ist. Erkennen wir an zwei Leuchtkörpern eben noch einen Unterschied, so bezieht sich das nicht auf den absoluten, sondern nur auf den relativen Unterschied der Lichtstärken.

Betrachtet man z B. zwei Wolken, die gerade noch einen spurweisen Lichtunterschied bieten und nimmt dann graue, das Licht bedeutend (z. B. um $^2/_3$) dämpfende Gläser vor die Augen, so ist auch der Lichtunterschied beider Wolken auf $^1/_3$ des früheren Werthes reducirt. Der Unterschied der Lichtstärken bleibt aber für das Auge mindestens noch ebenso merklich als vorher (Fechner).

Bei gewöhnlichen Lichtmengen empfinden wir keinen Helligkeitsunterschied, ob wir mit einem oder beiden Augen sehen. Beim Schliessen eines Auges erweitert sich die Pupille nicht bloss dieses, sondern auch des offenen Auges; man erhält dann mehr Licht. Doch erklärt das nicht den ganzen Erfolg. Im schwachen Licht der Dämmerung können wir aber mit zwei Augen noch lesen, wenn das einem Auge allein unmöglich fällt; andererseits blendet starkes Licht beide Augen früher als eines allein.

447ª. Lichtstärke des dunkeln Schattenfeldes.

Das Schwarz im vollständig dunkeln Raum beim Mangel objektiven Lichtes ist nicht bloss eine wirkliche Empfindung (365), sondern im Grunde dieselbe positive Lichtempfindung, die wir beim Anblick einer schwarzen Fläche haben, die durch alle Gradationen in die stärksten Lichtempfindungen übergehen kann. Fechner und Volkmann suchten den photometrischen Werth des Augenschwarzes in folgender Weise zu bestimmen. In einem grossen, sonst dunkeln Raum lässt man durch ein Kerzenlicht den Schatten eines Stabes auf eine schwarze Fläche fallen und entfernt das Licht immer mehr vom Stab, bis schliesslich der Schatten verschwindet. Dieses war bei 90 Fuss Abstand der Fall, d. h. der vom Augenschwarz erfüllte Schatten konnte jetzt nicht mehr unterschieden werden von dem durch das Augenschwarz und die äussere Erleuchtung zugleich erhellten Grund. Legt man nun das mittlere photomoterische Unterscheidungsvermögen (447) zu Grunde, so würde in obigem Versuch die Erleuchtung, die das Licht dem Augenschwarz hinzufügte, $\frac{1}{100}$ betragen von der durch das Augenschwarz selbst bewirkten Erleuchtung. Bei 9 Fuss Abstand erleuchtet aber das Licht die Fläche 100 mal stärker, als bei 90 Fuss; daraus

folgt: die schwarze Fläche erhält durch ein 9 Fuss von ihr abstehendes gewöhnliches Kerzenlicht eine so starke Erleuchtung, als durch das Augenschwarz allein; der photometrische Werth beider Beleuchtungen ist also unter diesen Bedingungen derselbe.

Die Intensität des Augenschwarzes variirt übrigens bei demselben Individuum ziemlich bedeutend.

448. Chromatische Linsen.

Die dioptrischen Vorrichtungen im Auge sind dergestalt angeordnet, dass die Objekte Retinabilder von entsprechenden Farben entwerfen; gleichwohl kommen einige Ausnahmen vor, d. h. unrichtiges Farbensehen aus dioptrischen Gründen.

Fällt vom Punkt *a*, Fig. 117, gemischtes Licht auf eine Linse, so schneiden sich die violetten und blauen Strahlen, als die brechbarsten, am nächsten und die rothen als die am wenigsten brechbaren, am weitesten hinter der Linse. Die Figur stellt diese Verhältnisse für die äussersten Randstrahlen *am* und *an* des von *a* ausgeschickten Lichtkegels dar; im Abstand *b* hinter der Linse schneiden sich in der verlängerten Linsenaxe die blauen, in *g* die gelben, in *r* erst die rothen Strahlen. An welcher Stelle von *b* bis *r* man auch die gebrochenen Strahlen auffangen mag, nie schneiden sie sich in einem Punkt, sondern sie gehen immer durch eine Kreisfläche hindurch, d. h. sie schneiden sich nur theilweis. In der Mitte ist der Kreis weiss und lichtstark, weil hier Strahlen von allen Farben den Kreis treffen; an den Rändern ist derselbe aber farbig und zwar bei *b*, dem Brennpunkt der blauen Strahlen, wie die Figur zeigt, roth, bei *r*, dem Brennpunkt der rothen Strahlen, blau. Die Bilder gewöhnlicher Linsen sind desshalb von Farbensäumen umgeben; die Optik ist aber im Stande, durch Hülfsmittel, die in der Physik erläutert werden, diese Säume zu vermeiden und sog. achromatische Linsen herzustellen.

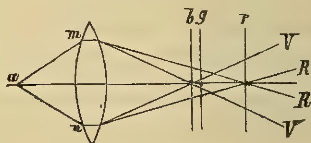


Fig. 117.

449. Normales achromatisches Sehen.

Die Objekte, die wir eben fixiren und für welche das Auge accommodirt ist, sehen wir ohne Farbensäume und zwar zunächst aus zwei Gründen: 1) Die Farbenzerstreuung im Auge ist gering, d. h. die von jedem Punkt des Objektes ausfahrenden Strahlen gemischten Lichtes werden nahezu auf demselben Retinalpunkt vereinigt. Wenn die Fig. 117 das Auge und *g* (Vereinigungspunkt der gelben Strahlen) die Retina repräsentirt, so fällt in der That *b* und *r* so nahe mit *g* zusammen, dass keine Störung in der Bildschärfe entsteht. 2) Beide Linsenhälften verhalten sich compensatorisch zu einander. Denken wir uns den Strahl *am* allein vorhanden, so entspricht demselben auf *g* ein Lichtstreif, der die Spectralfarben zeigt und zwar am unteren Ende Blau, am oberen Roth. Der Lichtstreif dagegen, den Strahl *an* auf *g*

projicirt, zeigt die umgekehrte Farbenanordnung. Es findet also eine theilweise Deckung der verschiedenen Farben statt, und der dem ganzen Lichtkegel *man* entsprechende Farbenzerstreuungskreis stellt auf *g* einen weissen (lichtstarken) Kreis dar, der bloss am Rand schwach röthlich ist. Die beim scharfen Sehen an sich schon ungemein kleinen Farbenzerstreuungskreise der einzelnen Objektpunkte decken sich aber derartig, dass der Farbensaum am Rand des Objektes wegen seiner geringen Breite und Lichtstärke verschwindet.

450. Chromatisches Sehen.

Von Farbensäumen umgeben erscheinen uns die Objekte bloss unter Verhältnissen, die dem gewöhnlichen Sehakt fremd sind, namentlich 1) bei unvollständiger Accommodation. Das deutlich Gesehene schlägt dann aber wegen der Lichtstärke seines Retinalbildes, der Concentration unserer Aufmerksamkeit u. s. w. vor, sodass zum Wahrnehmen jener Farbensäume sogar Anstrengung nöthig ist. 2) Am deutlichsten sind Farbensäume bei halbverdeckter Pupille mittelst eines, dem Auge sehr nahe gebrachten undurchsichtigen Schirmes. Betrachtet man dann z. B. einen horizontalen Fensterrahmen, während die untere Hälfte der Pupille verdeckt ist, so zeigt der untere Rand des Rahmens einen blauen, der obere einen rothgelben Saum. Bei Verdeckung der oberen Pupillenhälfte treten die Farbensäume in umgekehrter Ordnung auf.

Zur Erklärung denken wir uns eine grosse Anzahl senkrecht über einander liegender Punkte, die weisses Licht ausschicken, also eine (feine) weisse Linie, die bei verdekter unterer Pupillenhälfte gegen einen dunklen Hintergrund betrachtet werde. Beschränken wir uns auf den von jedem Einzelpunkt der Linie ausgeschickten obersten Randstrahl (*a m* Fig. 117), so haben wir so viele Einzelspectra (mit rother oberer und violetter unterer Grenze) senkrecht über einander liegend als wir einzelne Leuchtpunkte annehmen. Die benachbarten Spectra aber decken sich; dadurch entsteht wieder Weiss; nur an beiden Enden fehlen die Deckungen, also muss das weisse Retinalbild der Linie eine obere rothe und eine untere blaue Grenze haben. Dem Unten im Objekt entspricht aber ein Oben im Retinalbild, also sehen wir die weisse Linie an ihrem unteren Ende roth, am oberen aber blau. Desshalb erscheint in dem Versuch mit dem horizontalen Fensterrahmen (derselbe ist dunkel gegenüber dem Hintergrund z. B. eine weissen Wolke) die untere Scheibe blau an ihrem oberen Rand, die obere Scheibe roth an ihrem unteren Rand, wiederum Verdeckung der unteren Pupillenhälfte angenommen.

F. Entoptisches Sehen.

451. Extraretinale Schattenfiguren.

Wir können Theile des eigenen Auges unmittelbar wahrnehmen (sog. entoptisches Sehen) und zwar entweder die Schatten oder die Drücke, welche die Netzhaut unmittelbar von diesen Theilen empfängt. Die Schattenfiguren zerfallen in extra- und intraretinale. Die erstern sind namentlich von Listing und Donders untersucht worden. Kleine Körperchen auf der Hornhaut und in den übrigen dioptrischen Apparaten des Auges bis selbst ziemlich nahe vor der Retina, werfen keine Schatten, weil immer eine genügende Menge Licht-

strahlen hinter diesen Körperchen die Retina erreicht. Halten wir dagegen ein in ein Kartenblatt gestochenes kleines Loch nahe vor das Auge und blicken durch dieses gegen den Himmel, so wird die Retina bloss beschienen von einem Punkte aus: dem zum Leuchtpunkt gewordenen Loch des Kartenblattes. Liegt dieses im Brennpunkt des Auges (Fig. 118 *f*), also etwa 13 Millim. von diesem entfernt, so verlaufen die Lichtstrahlen parallel im Auge; die Schatten auf der Retina sind dann so gross, als die schattengebenden Körper. Liegt das Loch dem Auge näher, so divergiren die Strahlen: die Schatten werden grösser. Liegt endlich das Loch jenseits des Brennpunktes, so convergiren die Strahlen gegen einen Punkt hinter der Netzhaut: die Schatten werden demnach kleiner. Schattengebende Körper in physiologischen Zuständen können sein: Thränen, Secrettröpfchen der Augenliddrüsen; Theile der Linse (dunkle Flecken, Streifen, sternförmige Schatten) oder des Glaskörpers, z. B. blasse Zellen und die bekannten Perlschnüre (schwach granulirte Fasern im Glaskörper).

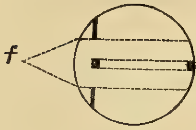


Fig. 118.

452. Intraretinale Schattenfiguren.

Man kann die Netzhautgefässe des eigenen Auges in vollendetster Weise zur Selbstanschauung bringen (Purkinje's Netzhautaderfigur). Wenn man in einem sonst dunkeln Zimmer eine Lichtflamme nahe vor dem Auge hin- und herbewegt, so erscheinen nach und nach und immer vollständiger die Retinalgefässe und zwar, wegen der Projektion in das Sehfeld, bedeutend vergrössert. Die Aderfigur entsteht, indem die Netzhautgefässe ihre Schatten auf die lichtaufnehmende Schicht der Retina werfen. Im rechten Auge erscheint die Eintrittsstelle des Sehnerven rechts, die Macula lutea links (und zwar scheinbar gefässlos). Die Verschiebung (Parallaxe) der Gefässschatten bei Bewegung des Lichtes ist bedeutend; die meisten Retinalgefässe liegen aber hinter der Schicht der Sehnervenfasern; daraus schliesst H. Müller, dass die lichtaufnehmenden Theile in einem gewissen Abstand hinter den Gefässen liegen, also nichts anderes sein können als die Schicht der Stäbchen und Zapfen.

Betrachtet man starr eine homogene Fläche, den blauen Himmel, ein Schneefeld, am besten aber das beleuchtete Milchglas einer Lampe, so wird bald die Farbe der Fläche matt. Bewegt man zugleich die wenig gespreizten Finger sehr schnell vor dem Auge hin und her, so tauchen einzelne Strömchen auf, die sich bald mehren und schliesslich sieht man eine grosse Zahl feinster, wegen der Projektion auf das Milchglas scheinbar sehr schnell fliessender Capillarströme; selbst die einzelnen Blutkörperchen können als kleine continuirlich bewegte Pünktchen noch unterschieden werden. Das prachtvolle Phänomen, zu dessen vollendeter Anschauung Disposition nöthig ist, war Boissier de Sauvages theilweis bekannt; Steinbuch, Purkinje und Meissner haben es später beschrieben; Vierordt benützte es zur Messung der Capillarblutgeschwindigkeit. Letztere beträgt etwa $\frac{1}{2}$—$\frac{3}{4}$ Millim. in der Sekunde.

453. Entoptische Druckfiguren.

Drückt man den Augapfel möglichst gleichmässig von vorn nach hinten, so erhält man die grossen Netzhautgefässe in ihrer charakteristischen Ramification und mit bläulich silberglänzender Farbe (Purkinje, Vierordt), ausserdem aber auch die innere Schicht der Choroidealgefässe und zwar als intensiv rothes Netz mit den für diese Capillarität unverkennbarn Formen der (schwarz erscheinenden Maschenräume (Vierordt). Beiderlei Gefässsysteme zeigen keinen sich bewegenden Inhalt. In sehr seltenen Fällen, namentlich beim Aufwachen oder Einschlafen im Dunkel, können einzelne Capillarströmchen mit deutlichen gelben Blutkörperchen spontan oder beim Druck auf das Auge zum Vorschein kommen. Durch starke Anstrengung der Aufmerksamkeit sind diese Anschauungen, welche übrigens nur wenigen disponirten und in fortgesetzter Uebung gehaltenen Augen gelingen dürften, eine Weile festzuhalten. Von einer Erklärung des Phänomens kann vorerst die Rede nicht sein.

XX. Riechen.

454. Riechsubstanzen.

Viele Substanzen bezeichnen wir als Riechkörper, andere dagegen sind uns in dieser Beziehung vollkommen indifferent. Die Körper, die wir riechen, müssen 1) in die Luft übergehen, 2) die Nasenschleimhaut durchdringen und 3) den Riechnerven afficiren können. Die erste und wohl auch zweite dieser Eigenschaften kommt jedoch noch vielen geruchlosen Substanzen zu; die dritte, wichtigste, kann abhängen: 1) Von objektiven Eigenschaften des Riechbaren selbst, welche allein im Stande wären, den Riechnerven zu afficiren. Bis jetzt ist aber kein einziges physikalisches oder chemisches Unterscheidungsmerkmal zwischen riechbaren und geruchlosen Substanzen bekannt, desshalb ist das Vermögen dieser Körper, den Geruchsinn zu afficiren, viel wahrscheinlicher abzuleiten 2) von der Eigenschaft des Riechnerven selbst, die Riechstoffe auf dem Wege der Diffusion in sich aufzunehmen und durch dieselben irgendwie chemisch verändert zu werden.

Objektiv nahe verwandte Körper können riechbar oder nicht riechbar sein, sowie andererseits sehr verschiedenartige Substanzen analoge Geruchsempfindungen hervorzurufen vermögen; den Geruch des Arsen nennt man knoblauchartig, den des Knoblauchs phosphorartig u. s. w. Eine Classifikation der Geruchsqualitäten ist noch nicht versucht worden und auch kaum ausführbar. Die quantitativen Differenzen der Riechkörper unter sich sind enorm; manche, wie Moschus,

Camphor, wirken sehr intensiv, d. h. in grösseren Entfernungen, andere nur sehr schwach und in nächster Nähe.

455. Riechnerv.

Einwirkungen auf die Nasenschleimhaut können sehr verschiedenartige Empfindungen setzen, nämlich: 1) Temperatur- und 2) Tastempfindungen (s. 323) und deren Steigerung zu 3) schmerzhaften Gemeingefühlsensationen. Manche derselben werden sogar als Geruchsempfindungen bezeichnet, z. B. concentrirte Ammoniak- oder Essigsäuredämpfe als stechende Gerüche aufgefasst. (In grösseren Verdünnungen veranlassen die genannten Körper wirkliche Geruchsensationen.) Alle diese Empfindungen sind vermittelt durch die Trigeminusfasern der Nasenschleimhaut; die 4) Geruchsempfindungen dagegen durch den N. olfactorius. Beim angeborenen Mangel dieses Nerven und nach Durchschneidung der Lobi olfactorii (die Operation ist nach Biffi an jungen Thieren am besten ausführbar) fehlt das Geruchsvermögen vollständig. Der Olfactorius versorgt nur den oberen Theil der Nasenscheidewand und die zwei oberen Muscheln. Die Verzweigungen des Geruchsnerven dringen nämlich auf jeder Seite in einer Doppelreihe durch die Löcher des Siebbeines in die Nasenhöhle. Die äussere Reihe vertheilt sich an der Innenwand des Labyrinthes des Siebbeines und in die obere und mittlere Muschel; die innere Reihe in den oberen und vorderen Theil der Nasenscheidewand. M. Schultze hat neuerdings eigenthümliche Endigungsweisen der Olfactoriusfasern in der Nasenschleimhaut wahrscheinlich gemacht; über die physiologische Bedeutung dieser Entdeckung, wegen welcher auf die Lehrbücher der mikroskopischen Anatomie verwiesen wird, kann noch nichts ausgesagt werden.

456. Geruchsempfindungen.

Die Feinheit und Schärfe des Sinnes ist wenigstens für manche Riechkörper eine ganz ausserordentliche. Enthält die Luft ein Milliontel und noch weniger Schwefelwasserstoffgas, so wird letzteres noch deutlich wahrgenommen; Ammoniak noch bei einer Verdünnung von $\frac{1}{33000}$ (Valentin). Geradezu fabelhaft erscheint die Feinheit des Sinnes in den Leistungen der Spürkraft mancher Thiere. Empfängt jedes Nasloch eine besondere Riechsubstanz, so erfolgt nach Valentin keine Vermischung der Empfindung, sondern wir riechen abwechselnd bald die eine, bald die andere. Die Geruchsempfindungen werden übrigens schnell abgestumpft.

Der Sinn ist ein niederer; er dient als Wächter für unsere Leiblichkeit und trägt zur intellektuellen Ausbildung nichts bei. Die Widersprüche hinsichtlich der Auffassung von Gerüchen sind sehr gross unter den Menschen; Einzelne riechen ganz bekannte Gerüche gar nicht; oder es kommt ihnen widrig vor, was die Mehrzahl angenehm afficirt, und umgekehrt. Die Nachgerüche und die subjektiven Gerüche sind nicht näher untersucht; die Einbildung spielt gerade hier eine Hauptrolle. Dass der Olfactorius nach Einwirkung von Drücken, Elektricität u. s. w. Geruchsempfindungen errege, ist nicht wahrscheinlich.

457. Mechanische Bedingungen des Riechens.

Für die Luftthiere muss das Riechbare luftförmig sein. Im Wasser riechen dieselben nicht; wird Wasser in die Nase gegossen, so hört nach E. H. Weber die Fähigkeit des Riechens (zufolge einer Veränderung des Schleimhautepitels?) vorübergehend auf.

Die normale Befeuchtung der Nasenschleimhaut ist zum Riechen unerlässlich. Die grosse Schleimhautoberfläche, sowie die Nebenhöhlen der Nase, tragen zur Erhaltung der normalen Feuchtigkeitsgrade wesentlich bei. Die vom Olfactorius versorgte Schleimhautparthie wird vom Luftstrom nicht direkt getroffen und dadurch vor zu starker Verdunstung behütet. Bei trockener Schleimhaut oder den stärkeren Schleimbelegen im Schnupfen riechen wir nicht oder nur unvollkommen.

Wir riechen um so besser, je kräftiger und breiter der durch die Nase streichende Luftstrom ist. Hält man den Athem an, so werden stark riechende, vor die Naslöcher gebrachte Substanzen nicht wahrgenommen; bei den schnellen kräftigen Inspirationen des Schnüffelns, wobei die Nasenflügel zugleich weit geöffnet werden, riechen wir besonders gut. Zuhalten eines Nasenlochs beeinträchtigt sehr die Intensität der Empfindung. Beim ruhigen Einathmen riechen wir nur schwach, weil die Luft auf dem Boden der Nasenhöhle hinstreicht und sich nur wenig in die oberen Regionen derselben zerstreut. Letzteres wird erst möglich bei kräftigeren Inspirationen: die untere Muschel, die vom Inspirationsstrom direkt getroffen wird, dient vorzugsweise als Zerstreuungsmittel des Luftstroms (Bidder). Bei Gelegenheit chirurgischer Operationen wurde mehrfach bemerkt, dass Ströme riechbarer Substanzen, direkt auf die oberen Muscheln applicirt, nicht gerochen werden. Die Richtung des Luftstromes ist also entscheidend; während der Ausathmung riecht man bekanntlich fast gar nicht. Eine starke Entwickelung der Schleimhautoberfläche der Nase und bestimmte Configurationen derselben unterstützen wesentlich die erörterten mechanischen Hülfsmittel des Riechens und somit die Feinheit des Sinnes.

XXI. Schmecken.

---

458. Schmeckstoffe.

Die Geschmacksempfindungen sind viel weniger zahlreich, aber unter einander unterscheidbarer und darum deutlicher als die des Geruches. Dieselben zerfallen in 4 ganz bestimmte Classen: Salzig, Sauer, Süss, Bitter. Ueber die Eigenschaften der Schmeckstoffe als solcher und im bestimmten Gegensatz

zu den Unschmeckbaren ist nichts bekannt und es wiederholen sich hier ähnliche Folgerungen, wie die in 446 bezüglich der Riechstoffe aufgestellten. Physikalisch und chemisch durchaus verschiedenartige Körper können verwandte Geschmacksempfindungen erregen; bitter ist z. B. Chinin und Bittersalz.

Die bevorzugteste Lokalität des Geschmacksinnes ist die Wurzel der Zunge; dann folgen deren Ränder und schliesslich die mittleren Theile der Vorderhälfte des Organs. Die Unterfläche der Zunge schmeckt nur schwach. Ausserdem sind der weiche Gaumen, das Zäpfchen und wohl auch die vorderen Gaumenbögen zu nennen; die übrigen Theile der Mundhöhle vermitteln keine Geschmäcke.

459. Anderweitige Empfindungen in der Mundhöhle.

Tastempfindungen kommen vor im ganzen Bereich der Mundhöhle; die Zungenspitze ist sogar das bevorzugteste Tastorgan (325). Viele sog. Geschmäcke sind nichts anderes als specifische Formen von Tastempfindungen: so z. B. der beissende, prickelnde, ätzende, sandige, mehlige, pappige, zusammenziehende, herbe, laugenhafte. Sie sind desshalb auch Stellen der Mundhöhle eigen, denen der Geschmackssinn fehlt, z. B. den Lippen; ihre grosse Mannigfaltigkeit aber ist der beste Beweis, wie hoch ausgebildet der Tastsinn in der Mundhöhle ist.

Ferner sind die Organe der Mundhöhle zu Temperaturempfindungen (für objektive Temperaturen) und zwar auch an nicht schmeckenden Lokalitäten, befähigt. Manche analoge Empfindungen werden wiederum als Geschmäcke bezeichnet; z. B. der Senf brennt, die Pfeffermünze erregt ein Kältegefühl; beide Substanzen sind aber durchaus geschmacklos.

Demnach sind eine Menge von Stoffen, die lebhafte Sensation auf der Zunge u. s. w. erregen, aus der Klasse der schmeckbaren zu streichen. In der Schwierigkeit, die Tastempfindungen von den eigentlichen Geschmacksperceptionen zu trennen, liegt eine Hauptursache der Widersprüche über die mit Geschmackssinn begabten Stellen der Mundhöhle. Selbst Gerüche verwechseln wir mit Geschmäcken: wir meinen z. B. beim Essen von Vanille, Asa foetida, Knoblauch u. s. w. etwas zu schmecken; beim Zuhalten der Nase haben wir aber keine Empfindung. Es kommt auch der umgekehrte Irrthum vor; Chloroformdämpfe durch die Nase eingeathmet, riechen wir; es ist aber ein blosser Geschmack (Stich).

460. Geschmacksnerven.

Die Zunge wird von drei Nerven versorgt. Der Hypoglossus vermittelt die Bewegungen, der Zungenast des Trigeminus jedenfalls die Tastempfindungen des Organs, während der Zungenast des N. glossopharyngeus unzweifelhaft dem Geschmack vorsteht. Ob aber der Trigeminus auch Geschmacksfasern enthalte, darüber besteht ein alter Streit. Von Vielen, z. B. Panizza, wurde der Glossopharyngeus ausschliesslich als Geschmacksnerv angesehen. Longet, Biffi,

Schiff erklären den Glossopharyngeus für den Geschmacksnerven des hinteren, den Trigeminus aber des vorderen Theiles der Zunge. Dafür sprechen 1) die Verbreitungsbezirke beider Nerven; der Glossopharyngeus versorgt die Zungenbasis, der Trigeminus die ganze Zungenoberfläche, also auch deren vordere, entschieden mit Geschmackssinn begabten Parthieen. 2) Nach Durchschneidung des Lingualis Trigemini nehmen Thiere bittere Stoffe in die Mundhöhle, zeigen aber sogleich Symptome von Ekel, wenn dieselben in den Hintermund gelangen. 3) Nach Durchschneidung des Glossopharyngeus soll der Geschmack in den hinteren Theilen der Zunge unzweideutig vernichtet sein.

461. Geschmacksempfindungen.

Valentin hat Versuche angestellt über die Grenze der Verdünnung, bei welcher Schmecksubstanzen überhaupt noch percipirt werden; dieselbe beträgt für Chininsalze etwa $\frac{1}{33000}$, Schwefelsäure $\frac{1}{10000}$; Zucker bloss $\frac{1}{90}$ — $\frac{1}{80}$. Bittere und saure Substanzen ertragen die grössten, salzige sehr viel geringere, süsse die geringsten Verdünnungen.

Es muss geradezu auffallen, dass man das Geschmacksorgan noch nicht benützt hat zur Bestimmung des Gehaltes gewisser Lösungen an aufgelösten Bestandtheilen, entweder 1) durch methodische, bis zur Grenze des Schmeckbaren reichende Verdünnungen der fraglichen Flüssigkeiten oder 2) mittelst Vergleichung der Intensität ihrer Geschmackseindrücke mit Normallösungen von gekanntem Procentgehalt. — Das Saure soll besonders in den vorderen, das Bittere ausschliesslich (?) in den hinteren Theilen der Zunge geschmeckt werden.

Zwischen der Application des Schmeckstoffes und dem Eintreten der Empfindung liegt ein kleines Zeitintervall; am kürzesten ist dasselbe beim Salzigen, dann folgen Süss, Sauer und endlich Bitter; eine Reihenfolge, die sich auch geltend macht, wenn Mischungen zweier verschiedener Schmeckstoffe aufgetragen werden (Schirmer).

Ueber die Aufeinanderfolge der Geschmackstoffe (manche ergänzen, andere stören sich; auf Süsses schmeckt Saures schlecht u. s. w.), sowie über die Mischungen der Schmeckstoffe und die Feinheit der Unterscheidung verwandter komplicirter Geschmäcke (es sei nur an die Virtuosität einzelner Weinschmecker erinnert) ist man in Küche und Keller besser unterrichtet als in der Wissenschaft. Die Beihülfe des Gesichtes ist eine bekannte Thatsache; im Dunkeln schmecken wir schlecht. Die Nachgeschmäcke weichen manchmal von den primären ab; ein Bitteres (reines Bitter?) kann süsslich werden u. s. w. Ueber subjektive Geschmäcke fehlen genauere Thatsachen. Der elektrische Strom (z. B. ein an die Zunge angelegter Zink-Kupferstreif) erregt Geschmacksempfindungen und zwar sauer an der Eintritt-, »laugenhaft« an der Austrittstelle. Bewegung und normale Befeuchtung der Zunge unterstützen die Deutlichkeit der Empfindung; bei starken Zungenbelegen oder trockener Zunge schmeckt man fast gar nicht. Kaltes und heisses Wasser heben das Geschmacks- und Tastvermögen der Zunge vorübergehend auf.

XXII. Gemeingefühle.

462. Ursachen.

Alle Empfindungen ohne Ausnahme sind zunächst nichts anderes als bewusste Wahrnehmungen veränderter Zustände der sensibelen Nerven. Die Mehrzahl dieser Wahrnehmungen hängt ab von äusseren Einwirkungen, und wir beziehen sie ausschliesslich auf die Aussenwelt (objektive Sinnesempfindungen). Die für den Arzt vorzugsweis wichtigen Gemeingefühlsempfindungen dagegen sind diejenigen, welche wir nicht nach Aussen, sondern in unseren Körper selbst verlegen. Wird die Definition in diesem weitesten Sinne gestellt, so sind Hauptveranlassungen von Gemeingefühlsempfindungen:

I. Im Körper selbst liegende Ursachen. Diese erregen entweder *a)* die Sinnesnerven selbst; dann entstehen die, 307 erwähnten, subjektiven Empfindungen, welche den objektiven qualitativ ähnlich sind. Hieher gehören z. B. gewisse Wahrnehmungen von Farben, Geräuschen, Tönen u. s. w., die wir, da es uns sogleich gelingt, die Abwesenheit entsprechender äusserer Einflüsse zu erkennen, als spontane Erregungen unserer eigenen Sinnesapparate auffassen. Oder *b)* bestimmte Zustände der überhaupt mit Sensibilität begabten Körpertheile veranlassen Empfindungen; z. B. der ermüdete Muskel, der Magen des Hungernden u. s. w.

II. Einflüsse der Aussenwelt. *a)* Die äussere Ursache wirkt heftig auf das Sinnorgan; es entsteht dann nicht etwa eine Steigerung der gewöhnlichen Empfindungen, sondern etwas Neues: ein Schmerz. *b)* Das äussere Agens wird dem Sinnesnerven auf ungewöhnlichen Wegen zugeleitet; z. B. der Nerv wird in seinem Verlaufe erregt, also an einem Ort, wo besondere Zuleitungsapparate für das äussere Agens fehlen. Es entsteht dann eine Sensation, die, nach 310, zwar in die Peripherie verlegt wird, d. h. dahin, wo wir die entsprechenden normalen Empfindungen haben, die aber niemals die Qualitäten der normalen Sensation genau wiederholen kann; sie ist uns desshalb (ganz abgesehen von ihrer Intensität) mehr oder weniger unangenehm, selbst schmerzhaft. Ein Druck auf den Ulnarnerven z. B. veranlasst Schmerz in der Haut des ulnaren Randes der Hand. *c)* Der äussere Eindruck zieht nebst der ihm entsprechenden Sensation noch sekundäre Sensationen von anderer Qualität nach sich; z. B. üble Gerüche die Empfindung des Ekels, d. h. ein Muskelgefühl.

463. Qualitäten der Gemeingefühle.

Die Gemeingefühle bieten sehr grosse qualitative Unterschiede. Als ein Specialsinn kann demnach das Gemeingefühl nicht aufgefasst werden. Diese

Gefühle wiederholen entweder die Qualitäten der objektiven Sinnesempfindungen (Farben-, Schall-, Druck-, Temperaturgefühle u. s. w.), oder sie stellen neue, den objektiven nicht analoge und darum als solche keiner weiteren Beschreibung und Vergleichung fähige Empfindungsformen dar, z. B. Durst-, Wollust-, Schwindelgefühl u. s. w.

Wie bei den objektiven Sinnesempfindungen, so gelingt auch hier dem geistig Gesunden in der Regel die richtige Deutung der Sensation. Liegen die Ursachen der Gemeingefühle im Körper selbst, so fassen wir sie auf als Zustände unserer eigenen Leiblichkeit; werden dagegen die Gemeingefühle durch äussere Anlässe hervorgerufen, so übersehen wir, neben dem Bewusstsein unserer eigenen afficirten Leiblichkeit, gleichwohl die wahre äussere Veranlassung nicht. Wir haben also im ersten Fall ausschliesslich, im zweiten dagegen mehr oder weniger vorwiegend, die Empfindung eines veränderten Zustandes unseres Körpers selbst und verhalten uns desshalb viel weniger gleichgültig, als bei den objektiven Sinnesempfindungen. Nur wenige Gemeingefühle lassen uns indifferent, die meisten sind uns entweder angenehm: sie regen uns geistig und gemüthlich an und fördern selbst den Gang körperlicher Funktionirungen; oder sie sind uns unangenehm, ja selbst schmerzhaft; diese wirken deprimirend auf unsern geistigen Zustand und vielfach auch hemmend auf die leiblichen Verrichtungen.

Die Qualitäten der Gemeingefühle sind viel weniger zahlreich und mannigfaltig als die der objektiven Empfindungen; einmal weil viele Körpertheile, wenigstens im gesunden Zustand, uns keine Nachricht geben von ihrem Dasein (wir fühlen nichts vom Druck der Baucheingeweide auf einander, vom Fliessen des Blutes in den Adern oder der Sekrete in den Drüsencanälen u. s. w.) und weil zweitens diese Sensationen viel weniger eine ruhige Beobachtung von Seiten des Empfindenden zulassen als die neutraleren, reineren und darum unter sich viel leichter unterscheidbaren, objektiven Empfindungen.

464. Ursachen der schmerzhaften Empfindungen.

Die Entstehung der Schmerzen und aller Unlustgefühle überhaupt ist an dieselben Grundnormen gebunden, wie das Zustandekommen der gewöhnlichen objektiven Sensationen und der sonstigen, nicht schmerzhaften, Gemeingefühle. Wir beschränken uns desshalb auf die unterscheidenden Merkmale der schmerzhaften Sensationen. Dieselben können auftreten 1) in Körperstellen, welche normaliter Druck- und Temperaturempfindungen veranlassen. Diese Schmerzen sind unter Umständen sehr intensiv. Die den Geruch-, Geschmacks-, Schall- und Lichtwahrnehmungen dienenden Nerven dagegen veranlassen keine Schmerzen; heftige mechanische Reizung des Sehnerven bewirkt intensive Lichtempfindungen, nicht aber Schmerzen. Aber 2) auch Körpertheile, welche in uns gewöhnlich keine Empfindungen verursachen, können in bestimmten pathologischen Zuständen schmerzhaft werden, unter Umständen sogar in hohem Grade. Hieher gehören unter Anderem die vom Sympathicus versorgten Organe.

Schmerzbewirkende Ursachen — dieselben mögen äussere sein, oder dem Körper selbst angehören — sind: 1) rein mechanische Einflüsse, wie Druck, Zerrung.

2) Anderweitige physikalische Agentien, z. B. starke Hitzegrade und 3) eine grosse Anzahl chemischer Körper. Aber auch hier wiederholt sich vielfach die, 305 hervorgehobene Erscheinung, dass in manchen Organen und Geweben nur bestimmte Agentien Schmerzen hervorrufen können, während andere Einflüsse, selbst in Uebermaass ihrer Einwirkung, erfolglos bleiben. Der blossgelegte Muskel z. B. ist unempfindlich, wenn er gebrannt oder heftig gezerrt wird.

Je nach der Stelle des Nerven, welche von dem schmerzsetzenden Reiz getroffen wird, unterscheidet man: 1) periphere Schmerzen, hervorgebracht durch Erregungen der Endausbreitungen der sensibelen Nerven, und 2) centrale Schmerzen, veranlasst durch Affectionen der Nerven in deren Verlauf oder deren Centren im Hirn und Rückenmark.

Die Schmerzen können sowohl durch äussere Einwirkungen, als durch Krankheitsreize selbst bedingt sein. In letzterem Fall hängen die Differenzen beider Arten von Schmerzen, so scheint es, theilweise auch von der Natur des pathologischen Reizes selbst ab. Eigenthümlich ist, dass der centrale pathologische Schmerz nur anfallsweise auftritt, im Gegensatz zu dem anhaltenden peripheren Schmerz. Dass der centrale Schmerz nicht am Ort des schmerzsetzenden Reizes, sondern in der Peripherie empfunden wird, musste schon in 310 hervorgehoben werden.

Wie bei den Empfindungen überhaupt, so wird auch bei den Schmerzen Integrität des Bewusstseins vorausgesetzt; in Zuständen von Betäubung kommen sonst schmerzhafte Eingriffe nicht oder nur sehr unklar zur Empfindung. Besonders merkwürdig sind aber gewisse mässigere Grade der Chloroform- und Aethernarkose; die Patienten fühlen die Messerschnitte des Chirurgen als einfache Tastempfindungen, ohne alle Schmerzen. Analoge Zustände wurden auch in einzelnen Fällen von chronischer Bleivergiftung, Hirnlähmungen u. s. w. beobachtet; es sind nämlich grössere Strecken der Haut selbst für die heftigsten Eingriffe vollkommen unempfindlich, während gleichwohl die leisesten Berührungen noch wahrgenommen werden, d. h. das Gemeingefühl ist gelähmt, nicht aber der Tast- und Temperatursinn.

465. Allgemeine Eigenschaften der Schmerzen.

Der Schmerz ist als Empfindung etwas Neues, mit den durch den betreffenden Nerven gewöhnlich vermittelten Empfindungen nicht Vergleichbares; er ist also keine einfache Steigerung normaler Empfindungen, sondern er entsteht nur zufolge von Steigerung der normalen äusseren Ursachen der Empfindungen (E. H. Weber). Tauchen wir die Hand in heisses Wasser, so fühlen wir keine erhöhte Wärme; legen wir ein Stückchen feste Kohlensäure auf die Haut, so bedingt die enorme Wärmebindung der verdunstenden Masse kein Kältegefühl; in beiden Fällen sind die Empfindungen anderer Natur, sie sind schmerzhaft.

Eigenthümlich für den Schmerz ist das Ungewöhnliche der Empfindung. Dieses ist am deutlichsten in den Theilen, die uns in der Norm keine Empfindungen verschaffen; wir nennen desshalb jede Empfindung in solchen Theilen, sie mag an sich noch so schwach sein, geradezu unangenehm oder selbst schmerzhaft; so z. B. schon eine geringe Sensation im Darm. Es kommt also nicht bloss auf die Intensität der Empfindungen an, wenn sie schmerzhaft werden sollen. Pressen wir beide Zahnreihen heftig an einander, so kommt uns die dadurch verursachte lebhafte Sensation nicht als als eine schmerzhafte vor, obgleich dieselbe an sich viel stärker ist als viele

mässigen Grade des „Zahnwehes". Dasselbe gilt von einem leisen Kopfschmerz gegenüber einem starken äusseren Druck auf die Cutis.

466. Ungenauigkeit schmerzhafter Empfindungen.

Charakteristisch für den Schmerz ist eine, mit der Intensität der veranlassenden Ursache in keinem Verhältniss stehende Ungenauigkeit der Empfindung. Vor allem wird 1) der Ort des Schmerzes falsch beurtheilt.

Am grössten ist der Irrthum in Krankheiten von Theilen, die uns normaliter keine Sensationen verschaffen. Die betreffenden Sensationen werden alsdann nicht selten in mit feinem Ortssinn begabte Körperstellen verlegt; das Kitzelgefühl z. B. bei Catarrhen des Kehlkopfs und der Luftröhre glauben wir in der Haut der Vorderseite des Halses wahrzunehmen.

2) Die Schmerzen sind sehr geneigt zur Irradiation, d. h. sie überschreiten die Grenzen der Körperstelle, die von der schmerzsetzenden Ursache getroffen wird. Die Irradiaton wächst mit der Heftigkeit des primären Schmerzes; unter Umständen kann selbst der irradiirte Schmerz stärker werden als der primäre, indem die Erregbarkeit der unmitelbar afficirten Nervenfasern sich abstumpft. Auch dadurch entstehen neue Ungenauigkeiten der Empfindung und Täuschungen über den Sitz des Schmerzes.

3) Durch den Schmerz werden gleichzeitige oder nachfolgende normale Einwirkungen auf den betreffenden Nerven gestört, oder es wird die Perception derselben unmöglich gemacht, oder endlich sie lösen ebenfalls Schmerzen aus. Eine auch nur leise Berührung eines schmerzhaften entzündeten Theiles kann in hohem Grade schmerzen.

4) Die Vorstellung kann den überstandenen Schmerz nicht reproduciren; es fehlt durchaus das Erinnerungsvermögen für schmerzhafte Sensationen. Ebenso verhält es sich übrigens auch mit den nichtschmerzenden Gemeingefühlen, zum Unterschied von den normalen objektiven Perceptionen der höheren Sinnesnerven.

467. Grade des Schmerzes.

Die Natur der schmerzsetzenden Ursache ist vielfach von Einfluss auch auf die Stärke des Schmerzes, soweit von einer Vergleichung der Intensitätsgrade bei qualitativ ganz verschiedenen Schmerzempfindungen die Rede sein darf. Der, als Sensation an und für sich nicht intensive, Kitzel z. B. ist uns viel unangenehmer als ein starker schmerzender Druck. — Ausserdem hängt die Stärke der Empfindung ab von gänzlich unbekannten individuellen Momenten, wohin namentlich auch die keiner weiteren Analyse zugängliche „psychische Reizbarkeit" des Empfindenden gehört (s. die Temperamente).

Wird aber dasselbe Individuum und dieselbe Art des Reizes vorausgesetzt, so ist auf die Stärke des Schmerzes von Einfluss: 1) die Ausbreitung der afficirten Körperstelle, resp. die Zahl der ergriffenen Nervenfasern. Taucht man einen Finger in Wasser von 39° R., so entseht kein Schmerz, wohl aber beim Eintauchen der ganzen Hand (E. H. Weber). 2) Die Erregbarkeit des Theiles.

Höhere Wärmegrade z. B. werden schneller und stärker schmerzhaft auf der Zungenspitze, als wenn sie die Hand treffen. Manche Stellen der Cutis z. B. des Gesichts können ziemliche Kältegrade ertragen, ohne dass Schmerzen entstehen; die Gewöhnung ist hier von bedeutendem Einfluss. 3) Die Dauer der Wirkung des Reizes. Ein anfangs noch nicht schmerzhaftes Agens kann bei fortgesetzter Einwirkung schmerzhaft werden und umgekehrt.

Mit zunehmender Stärke der Ursache wächst auch die Heftigkeit des Schmerzes; bei einem gewissen Intensitätsgrade des Reizes erreicht jedoch die Empfindung ihr Maximum, jenseits desselben der Schmerz keiner weiteren Steigerung fähig ist.

468. Arten der Schmerzen.

Die Sprache hat hiefür vielerlei Bezeichnungen, die immerhin Beachtung verdienen, obschon derselbe Reiz bei verschiedenen Personen nicht selten verschiedene Empfindungsqualitäten veranlasst und ausserdem mehrerlei Schmerzen neben einander bestehen oder in einander übergehen können trotz anscheinender Unveränderlichkeit der schmerzbewirkenden Ursache. Der Uebergang verwandter Arten von Schmerzen in einander ist besonders deutlich bei allmäliger Steigerung des Reizes selbst; zum Theil hängt die Erscheinung auch ab von der bald eintretenden Abstumpfung des afficirten Nerven.

Wir unterscheiden: 1) Specifische Schmerzen, vermittelt durch bestimmte Organe oder Gewebe, z. B. die zahlreichen schmerzhaften Muskelgefühle, die Athemnoth, Lichtscheu, die Gefühle beim anhaltenden Hungern u. s. w.

2) Generelle Formen des Schmerzes; diese sind an keine bestimmte Oertlichkeiten gebunden. Es sind besonders hervorzuheben: 1) der stechende Schmerz; wahrscheinlich hervorgerufen durch Affektion relativ weniger Nervenfasern. 2) Der schneidende, eine Steigerung des stechenden. 3) Der brennende Schmerz ist keine erhöhte Wärmeempfindung, sondern eine Sensation eigener Art; er entsteht nicht bloss bei Einwirkung höherer Wärmegrade, sondern auch in Folge zahlreicher anderen Veranlassungen, z. B. scharfer, kaustischer Mittel, vieler inneren pathologischen Reize u. s. w., sowie in zahlreichen Körperstellen, die keiner objektiven Temperaturempfindung fähig sind. 4) Bei dem, namentlich in Muskeln häufigen, reissenden Schmerz scheint die Sensation eine gewisse Körperstrecke Stelle für Stelle zu durchlaufen; geschieht das Wandern sehr schnell, so entsteht der „schiessende" Schmerz (in vielen Neuralgieen). 5) Drückende, klopfende, bohrende, nagende Schmerzen kommen gerne in unnachgiebigen Theilen vor. 6) Jucken und Kitzeln sind häufige Sensationen in der Cutis und in Schleimhäuten. 7) Das Ameisenlaufen tritt (abgesehen von gewissen Rückenmarksleiden) besonders ein bei vorübergehenden, nicht zu kurzen Drücken auf Nerven und zwar sowohl beim Beginn als nach dem Aufhören des Druckes.

469. Muskelgefühle.

Es gibt keine Körpertheile, selbst die Haut nicht ausgenommen, welche uns zahlreichere und qualitativ verschiedenartigere, im Einzelnen bis jetzt freilich viel zu wenig gewürdigte, Gemeingefühle verschaffen, als die Muskeln und zwar sowohl diejenigen der organischen als ganz besonders die der animalen Bewegung. Wir können die Muskeln gegenüber dem Gemeingefühl in folgende Gruppen bringen:

1) Skeletmuskeln, welche sowohl bei der Herstellung äusserer Arbeit (also zur Ueberwindung äusserer Widerstände), als auch bei den Stellungen und Fortbewegungsweisen des Körpers in Thätigkeit kommen. Diese vermitteln sehr zahlreiche Empfindungen (489).

2) Muskeln, welche in bestimmten Zuständen spezifische Empfindungen veranlassen. Hieher gehören namentlich auch eine Anzahl von Eingeweidemuskeln. Die wichtigsten, weiter unten näher betrachteten, Gemeingefühle dieser Classe sind: Hunger, Sättigunsgefühl, Ekel, Stuhldrang: die Folge lebhafterer Contractionen der Mastdarmmuskulatur und stärkerer Gegenwirkungen der Sphinctermuskeln bei angesammelten Kothmassen in Krankheiten des unteren Darmkanales unter Umständen (als sog. Stuhlzwang) auch bei leerem Mastdarm. Ferner die qualitativ und quantitativ sehr verschiedenen, immer aber unangenehmen oder selbst schmerzhaften Gefühle bei anomaler Peristaltik des Darmes, z. B. Durchfällen. Der Harndrang bei stärkeren Füllungsgraden der Blase. Auch die Wollustempfindungen sind theilweis Muskelgefühle (s. 562). Die Wehen, die Begleiter der Uteruscontractionen, sind specifische, mit anderen Muskelschmerzen nicht völlig vergleichbare Sensationen. In hohem Grade specifisch ist das, in die oberen Auglider (Hebmuskel des Lides) und die Bulbusmuskeln lokalisirte Gefühl der Schläfrigkeit, ferner die Sensation beim Gähnen, durch die Muskeln am Boden der Mundhöhle hervorgerufen, sowie die Stirnschmerzen. Das vulgäre, mit andern unangenehmen Sensationen nicht vergleichbare, Kopfweh ist meist nicht etwa eine Affection der Trigeminuszweige der Stirnhaut, als welche man sie kerkömmlich auffasst, sondern es wird durch mancherlei Zustände der Stirn- und Augenmuskulatur, namentlich anhaltende Anstrengungen derselben, hervorgerufen. Auch die Athemmuskeln gehören hieher; viele Gefühle, die die Skeletmuskeln veranlassen können, fehlen hier; dagegen tritt die Athemnoth, welche grösstentheils ein Muskelgefühl ist, als neue specifische Sensation auf. In Krankheiten können die Athemmuskeln, wie die Muskeln überhaupt, Gefühle (reissende, stechende u. s. w.) veranlassen, die aber nicht specifischer Natur sind.

3) Muskeln, welche selten oder selbst gar nicht Gemeingefühle veranlassen. Hieher gehört, ausser vielen organischen Muskeln, die sich, wie z. B. die Gefässmuskeln, geradezu indifferent verhalten, das Herz. Wir fühlen nichts von seinen Bewegungen, heftige und plötzliche psychische Erregungen oder gewisse Krankheiten desselben ausgenommen.

470. Gemeingefühle der Skeletmuskeln.

Unter den Empfindungen, welche die Muskeln des Skelets, namentlich der Gliedmaassen, uns verschaffen, sind hervorzuheben: das Gefühl des Grades der Anstrengung, die wir mit den Muskeln machen müssen, oder des Widerstandes, welchen wir mit denselben zu leisten haben. Auch hier fassen wir die betreffenden Muskelgefühle vollkommen richtig auf. Spannen wir nämlich unsere Muskeln an, so haben wir eine starke Empfindung in diesen selbst; leisten wir aber einem äusseren Drucke Widerstand, so verlegen wir die Empfindung nicht in die thätigen Muskeln, sondern wir fühlen deutlich die Schwere des Gegenstandes. Diese Objektivirung des Muskelgefühls ist um so reiner, je kräftiger der Muskel; mit zunehmender Ermüdung werden wir uns immer mehr unseres eigenen Empfindungszustandes bewusst und am Ende ist letzterer allein noch vorhanden. In Krankheiten ist dieses Vermögen häufig sehr beeinträchtigt und der eigene Empfindungszustand schlägt allein vor.

Wir kennen die Lage unseres Körpers, die gegenseitigen Stellungen der Glieder u. s. w. sehr genau und zwar sowohl, nachdem wir selbst die Glieder aktiv bewegt haben, als auch wenn dieselben uns von Anderen in bestimmte Lagen gebracht worden sind. Jede specielle Stellung also verschafft uns ein bestimmtes Gesammtgefühl und zwar werden wir uns im ersten Fall bewusst der aktiven Thätigkeitsgrade der Muskeln, im zweiten dagegen der (schwachen) passiven Spannungen und Abspannungen, welche die nicht-thätigen Muskeln der durch äussere Einwirkungen in eine bestimmte Lage gebrachten Körpertheile erfahren. Diese Muskelgefühle sind von eingreifender Wichtigkeit beim Stehen und Gehen; sie ermöglichen vorzugsweise das Aequilibriren des Körpers.

Das Gefühl des Wohlbefindens (Euphorie), einer gewissen Leichtigkeit (oder wie man sich sonst ausdrücken mag) unseres Körpers und der Gliedmaassen ist ebenfalls und zwar auschliesslich ein Muskelgefühl; sein Gegentheil ist die in Krankheiten sehr häufig, aber auch bei Gesunden nicht selten vorkommende Empfindung einer gewissen Schwere der Glieder.

Beide Gefühle sind physiologisch wenig beobachtet worden. Die Euphorie kommt übrigens nicht bloss beim muskelstarken Menschen vor; jeder, selbst der Schwache, kennt es, ja es kann sich selbst im Verlauf schwerer Krankheiten einstellen beim plötzlichen Besserwerden namentlich des Fiebergrades und nach erquickendem Schlaf (hier wohl bedingt durch Veränderungen in den Nervencentren).

Verwandt mit dem »Schwergefühl« ist das der Ermüdung, welches in förmliche Schmerzen: die Abgeschlagenheit, übergehen kann. Letztere tritt ein nach Ueberanstrengung der Muskeln, in schwereren fieberhaften Krankheiten dagegen selbst bei vollkommener Körperruhe. Zu den schmerzhaftesten Gemeingefühlen endlich gehören diejenigen, welche mit heftigen tonischen Muskelkrämpfen verbunden sind.

471. Schwindel.

Derselbe ist eine specifische Form von Muskelgefühlen. Das Muskelgemeingefühl ist, wie bemerkt, dermaassen fein entwickelt, dass wir uns jeder speciellen Stellung des Körpers und seiner einzelnen Theile auf das Genaueste bewusst werden, indem jede dieser, ausserordentlich mannigfaltigen Anordnungen, gewissermaassen als Resultante unendlich vieler Einzelempfindungen, ein bestimmtes Muskelgefühl in uns erregt. Gewisse Stellungen sind durch eine besondere Deutlichkeit, um nicht zu sagen Annehmlichkeit, dieser Gefühle ausgezeichnet. Alle diese Muskelgefühle bieten übrigens noch das Gemeinsame, dass wir zugleich ein bestimmtes Bewusstsein einer gewissen Stabilität und Sicherheit unserer Körperstellung haben; dieselben machen sogleich einem Gemeingefühl eigener Art Platz, wenn wir das Gleichgewicht so verloren haben, dass es nur mit grosser Anstrengung oder selbst gar nicht (beim Ueberfallen) wieder hergestellt werden kann. Ueber die Wichtigkeit dieser Empfindungen für die Stellungen und Fortbewegungsweisen unseres Körpers s. Abschnitt XXIII. Jede Minderung oder sonstige Beeinträchtigung dieser Gemeingefühle setzt der Gefahr aus, das Gleichgewicht zu verlieren und veranlasst nothwendig Schwankungen, Unsicherheiten in den Stellungen und Bewegungen, die zudem nur mit gewissen Anstrengungen ausgeführt werden können. Verbunden sind diese Zustände mit einem specifischen, übrigens sehr grosse quantitative Unterschiede bietenden Gefühl, dem sog. Schwindel. Derselbe ist als Empfindung keiner näheren Beschreibung fähig. In den höheren Graden wird er für das Individuum sehr belästigend und psychisch beunruhigend; er tritt dann schon nach verhältnissmässig sehr geringen Veranlassungen, z. B. beim Uebergang aus der liegenden in die sitzende Stellung ein und das Stehen, geschweige Gehen, ist geradezu unmöglich. Reflexbewegungen, nämlich Erschlaffungen der Sphinctermuskeln, unwillkürlicher Abgang von Excretmassen, Schweiss, Ekel und Brechen stellen sich als häufige Begleiterscheinungen an.

472. Ursachen des Schwindels.

Der Schwindel ist eines der gewöhnlichsten Krankheitssymptome; er kommt vor in vielen Affektionen des Hirns (Rausch, beginnende Narkose, Congestion des Blutes nach dem Kopf, Blutarmuth des Gehirnes u. s. w.), ferner in einer Menge anderweitiger Krankheitsinsulte, namentlich auch als erstes Symptom des Krankseins überhaupt; endlich in Folge voraufgegangener schwererer Leiden, daher sehr häufig noch in der ersten Zeit der Convalescenz. Ausserdem kann der Schwindel entstehen nach längerem Liegen im Bett und ohne dass in den Nervencentren auch nur die leiseste funktionelle Störung primär vorhanden wäre; die Coordination der Bewegungen muss wieder erlernt werden, sowie auch das Kind beim Gehenlernen diese Empfindungen zweifelsohne vielfach verspürt. Eine dritte häufige Veranlassung sind ungewohnt schnelle active oder passive

Bewegungen. Drehen wir uns (wir nehmen vorerst an bei geschlossenen Augen) schnell im Kreis umher, so schwankt unser Körper, wenn wir wieder ruhig stehen wollen und das Gefühl des Schwindels stellt sich in hohem Grade ein.

Die entfernten Ursachen mögen aber sein, welche sie wollen, immer rührt der Schwindel zunächst her von einem anomalen Zustand des Gehirnes, oder gewisser, die Coordination der Muskelbewegungen beherrschenden Theile desselben; Muskelschwäche, wenigstens mässigeren Grades, bedingt an sich den Schwindel noch nicht.

473. Beziehungen zwischen Schwindel und Sehsinn.

Wenn das Muskelgemeingefühl sowohl über die Stellungen als die Fortbewegungsweisen unseres Körpers uns richtig belehrt, so ist damit eine Grundbedingung erfüllt zur regelrechten Auffassung auch der räumlichen Relationen der Aussenwelt; das Ruhende erscheint uns ruhend, das Bewegte bewegt. Benachrichtigen uns aber die Muskelgefühle ungenügend oder falsch; glauben wir selbst trotz der Ruhe unseres Körpers, bewegt zu sein, oder machen wir anomale unsichere Ortsbewegungen, die wir nicht mehr genau empfinden und beurtheilen, so wird unsere räumliche Auffassung der Aussenwelt gestört und wir erblicken die Gesichtsobjekte in leichten Schwankungen oder selbst in anhaltenden starken Scheinbewegungen begriffen. Wir tragen also einen Zustand unseres Körpers über auf die Aussenwelt.

Kommt uns andererseits aus irgend welcher Ursache das äussere Ruhende bewegt vor, so verwirrt sich nach einer gewissen Zeit auch das Urtheil über unseren eigenen Körperzustand; die normalen Muskelgefühle hören auf und es treten unter Umständen selbst heftige Schwindelgefühle ein, welche auch nach Schliessung der Augen fortdauern. Wir tragen also Scheinbewegungen der Aussenwelt über auf unsern eigenen Körper. Wir können diesen Schwindel, als secundären, dem von unserem Körper selbst ausgehenden primären entgegenstellen.

474. Ursachen des secundären Schwindels.

Der secundäre Schwindel entsteht, wenn die Sehobjekte uns unter gewissen ungewohnten, unsere Relationen zu ihnen störenden Nebenbedingungen erscheinen. Die hauptsächlichsten Veranlassungen sind:

1) Nachbilder bewegter Gegenstände. Wir betrachten anhaltend Bewegtes, z. B. einen Fluss von der Brücke aus; dann kommt ein Zeitpunkt, wo a) der Fluss stille zu stehen scheint, während wir selbst die Empfindung haben, bewegt zu werden und zwar entgegengesetzt der Stromrichtung (418), oder b) wenn wir den Blick von dem Bewegten weg auf ein Ruhendes werfen, uns letzteres bewegt erscheint. Je schneller diese Scheinbewegungen sind, desto leichter entsteht secundär das Schwindelgefühl.

2) Unmittelbare Betrachtung schnell bewegter Gegenstände,

namentlich wenn sie vieles, unter diesen Verhältnissen aber mehr oder weniger undeutliches Detail bieten. Der rasch dahinfahrende Eisenbahnzug z. B. verwirrt die sinnliche Auffassung bei jedem Menschen etwas, in Sensibelen kann er förmlich Schwindel erregen.

3) Ungewohnte räumliche Anschauungen. Betrachtet man Gegenstände von grossen Höhen herab, so entsteht das subjektive Gefühl des Hinabgezogenwerdens; blickt man umgekehrt hinauf an einem hohen Mastbaum, einem Kirchthurm, einer steilen Felswand, so tritt das Gefühl des Hinaufgezogenwerdens ein. Nur der Geübte kann dem widerstehen, sensibelen Menschen wird schwindelig in hohem Grade.

4) Schnelle und zugleich ungewohnte Bewegungen unseres eigenen Körpers. Wenden wir den Kopf plötzlich seitwärts, so erscheinen uns ruhende Gegenstände bewegt (418); diese Täuschung, welche geradezu unvermeidlich ist, wenn wir den Kopf bewegen, stört uns aber nicht, im Gegentheil sie fördert unser Urtheil über die Grösse u. s. w. der gemachten Bewegung. Wird aber unser Körper aktiv oder passiv schnell und anhaltend bewegt, so summiren sich die beständigen Scheinbewegungen zu einer störenden Gesammtanschauung, welche das Gefühl des Schwindels erregt. Diese Scheinbewegungen der Objekte dauern selbst dann noch fort, wenn unser Körper wieder zur Ruhe kommt.

475. Richtung der Scheinbewegung beim Schwindel.

Das Muskelgefühl des Schwindels entsteht, wenn auch nicht so schnell und nicht so intensiv, selbst dann, wenn der Körper bei geschlossenen Augen gedreht wird. Oeffnet man hierauf, nachdem der Körper zur Ruhe gekommen, die Augen, so stellen sich ebenfalls die Scheinbewegungen ein. Die im vorigen § (unter 4) betrachtete Form des Schwindels ist somit strenge genommen keine secundäre, d. h. die Scheinbewegung der Gegenstände ist nicht die Ursache, sondern die Folge von durch die Drehung gesetzten Körperzuständen.

Purkinje hat die Abhängigkeit der Scheinbewegungen von den Drehungen des Körpers untersucht. Geschieht die Kreisbewegung des Körpers um seine Längsaxe bei irgend welcher Haltung des Kopfes (nach aufwärts, oder gerade nach vorn u. s. w.), immer drehen sich, wenn der Körper wieder stille steht, die Objekte scheinbar in horizontalen Kreisen jedoch in einer, der Körperdrehung entgegengesetzten Richtung. Verändert man aber die Haltung des Kopfes, so ändert sich auch die Richtung der Scheinbewegung, wie einige Beispiele der nachfolgenden Tabelle erläutern, bei denen immer vorausgesetzt wird, dass die nach der Drehung angenommene Haltung des Kopfes die gewöhnliche senkrechte sei.

Richtung des Kopfes während der Körperdrehung.	Richtung der Scheinbewegung.
I. Nach Aufwärts.	Die Objekte laufen nach dem Umkreis eines stehenden Rades, dessen Axe in der Mitte des Sehfeldes liegt.
II. Gegen die rechte Schulter, wobei die Körperdrehung nach rechts erfolgt.	Die Objekte laufen von unten nach oben.
III. Gegen die rechte Schulter, wobei die Körperdrehung nach links erfolgt.	Die Objekte laufen von oben nach abwärts.
IV. Schief nach oben.	Schiefe Bahnen.

Daraus leitet Purkinje folgende Regel ab: die Scheinbewegungen geschehen, wenn der Kopf nachträglich eine andere Stellung erhält, immer um die durch den Kopf gelegte Axe, um welche die Drehbewegung erfolgte, jedoch in entgegengesetzter Richtung zur Drehung.

Auch der Tastsinn bedingt unter diesen Verhältnissen entsprechende Täuschungen; man hat das Gefühl, wenn man sich auf eine Unterlage stützt, dass diese umstürze und zwar nach der Seite hin, nach welcher die Körperdrehung geschah. — Das Hauptinteresse dieser Scheinbewegungen liegt darin, dass sie auch in einer Reihe von Hirnaffectionen spontan und ohne vorhergegangene Körperdrehungen auftreten. Auf die Frage aber, in welchen Zuständen befindet sich das Gehirn bei dem durch die Körperdrehungen hervorgerufenen Schwindel, kann die Physiologie vorerst keine Antwort geben.

476. Hungergefühl.

In seinen geringeren Graden, als Esslust, ist das Gefühl angenehm; leichte, weder näher beschreibbare noch genauer zu lokalisirende Empfindungen im Epigastrium, wozu noch solche in den Kaumuskeln hinzukommen, sowie verstärkte Absonderung des Speichels. Das von gierigem Verlangen nach Speise begleitete Hungergefühl wird in seinen höheren Graden schmerzhaft; es stellen sich drückende, bohrende, nagende u. s. w. und zunehmend deutlicher lokalisirte Sensationen in der Magengegend ein. Beim anhaltenden Hungern steigern sich die Schmerzen ins Unerträgliche, um jedoch später übertäubt zu werden von den Empfindungen, welche die vom Hunger verursachten pathologischen Zustände des in hohem Grade geschwächten Gesammtorganismus hervorrufen.

Auf die Gefühle des Hungers und der Sättigung ist zunächst der Anfüllungsgrad des Magens von Einfluss. Nach Einbringen einer genügenden Menge Speisen in den Magen tritt das Gefühl der Sättigung ein und zwar zu einer Zeit, wo noch keine erheblichen Mengen Verdauungsprodukte resorbirt sein können; auch vermag Anfüllung des Magens mit unverdaulichen Dingen das Hungergefühl etwas zu beschwichtigen. Diese Sensationen sind grossentheils Muskelgefühle und zwar stehen sie mit den, je nach der Füllung des Magens variirenden passiven Spannungs- und activen Thätigkeitsgraden der Magenmuskulatur in Zusammenhang. Die Muskelschicht des leeren Magens ist kollabirt, möglichst abgespannt und anfangs durchaus nicht im Zustand activer Contraction.

Erst später beginnt die Peristaltik; dieselbe braucht nur schwach zu sein, um — bei den gar nicht in Anspruch genommenen elastischen Kräften der Magenmuskulatur — bestimmte und eigenthümliche Gefühle zu veranlassen, die sich steigern müssen mit zunehmender Lebhaftigkeit der Bewegung. Am Magen und Darm nüchterner Thiere wurde in der That eine stärkere Peristaltik beobachtet; auch scheint die Geneigtheit der Verdauungsmuskulatur zu reflectorischen Bewegungen grösser zu sein. Beim vollen Magen dagegen ist die Muskelschicht gedehnt, d. h. ihre elastischen Kräfte sind in Anspruch genommen. Dass Contractionen der Muskeln in diesem Zustand andere Gemeingefühle bedingen als im leeren Organ, liegt nahe anzunehmen. Uebrigens können auch die sensibelen Nerven der Magenschleimhaut (Vagusfasern) mitbetheiligt sein; viele sehen die letzteren sogar als alleinige Ursachen des Hungergefühls an. In gewissen Krankheiten des Magens, z. B. Catarrh der Schleimhaut, ist die Esslust, offenbar aus örtlichen Ursachen, bedeutend gemindert.

Das Hungergefühl kommt übrigens auch bei entsprechenden localen Zuständen des Magens, nur zu Stande, wenn der Gesammtorganismus, namentlich die Nervencentren, gewisse, im Speciellen freilich unbekannte Bedingungen bieten. Das Gefühl ist desshalb gemindert oder fehlt sogar in vielen, namentlich fieberhaften Krankheiten, nach dem Einnehmen mancher Genussmittel, Medicamente (Opium, Tabak u. s. w.).

In der Regel dienen diese Gefühle, in gesunden wie kranken Zuständen, als Wächter unserer Leiblichkeit; sie zeigen uns die wahren Bedürfnisse des Wiederersatzes an, so dass der geringe Grad des Appetites des Kranken in einem gewissen richtigen Verhältniss steht mit dessen Verdauungskräften und sonstigen Körperzuständen. Einzelne Ausnahmen streiten freilich gegen eine solche teleologische Auffassung, an deren Stelle jedoch vorerst noch keine genügende physiologische Analyse dieser verwickelten Verhältnisse gesetzt werden kann.

Die specifischen Hungernerven sind nicht mit Sicherheit bekannt; wenn einzelne Thiere nach Durchschneidung der Vagi noch begierig fressen, so beweist das übrigens nichts gegen eine Betheiligung dieser Nerven an dem fraglichen Gemeingefühl. Ob der Hunger durch Injection nährender Substanzen in den Mastdarm, oder gar durch Infusion von Blut in die Adern wirksam gestillt werden könne, scheint zweifelhaft.

477. Durstgefühl.

Der Sitz dieser Empfindung, welche in uns das Verlangen nach Getränken (in der Regel von niederer Temperatur) erweckt, ist der Schlund und die Mundhöhle (vorzugsweis Zungenwurzel und Gaumen). Die Empfindung ist besonders lebhaft bei der gegenseitigen Berührung der Organe; sie wird etwa mit den Tastwahrnehmungen des Klebrigen oder Sandigen, Rauhen u. dgl. verglichen. Das Gefühl ist auch in seinen ganz mässigen Graden kein positiv angenehmes, im Gegensatz zur Esslust; wogegen die Stillung des Durstes unseren Empfindungszustand unmittelbar mehr befriedigt als die Stillung des Hungers. Nach längerem Dursten entstehen heftige, beissende, brennende u. s. w. Schmerzen nebst tief eingreifenden Veränderungen des Gesammtorganismus, wobei, wie beim Hungern der Trieb so mächtig wird, dass selbst die ekelhaftesten Dinge nicht verschmäht werden.

Die nächste Ursache des Durstgefühles ist eine gewisse Trockenheit der Mund- und Schlundschleimhaut. Der verminderte Wassergehalt bringt die sensibelen Nerven dieser Theile (Vagus, Trigeminus und (?) Glossopharyngeus) in einen eigenthümlichen Erregungszustand, welcher die fragliche Empfindung veranlasst. Entfernte Ursachen des Durstes sind vorzugsweis: 1) starke Wasserverluste des Körpers; namentlich reichliches Schwitzen. Der Wasserverlust wirkt sowohl direkt: die Mundschleimhaut wird, wie die übrigen Körpertheile, wasserärmer; ganz vorzugsweise aber indirekt: die Speichelsekretion nimmt bedeutend ab (Thiere mit unterbundenen Ausführungsgängen der Speicheldrüsen trinken, nach Bidder, mehr als gewöhnlich). 2) Austrocknung der Mundhöhle beim Athmen durch den Mund. 3) Genuss stark gesalzener Nahrungsmittel. Die im Nahrungsschlauch befindlichen Salze entziehen dem Blute rasch Wasser; doch ist nicht zu übersehen a) die gleichzeitige direkte Wirkung des Salzes auf die Mundschleimhaut (ein Salzklystier erregt weniger Durst) und b) der etwas erhöhte Salzgehalt des Blutes, resp. der Organe, d. h. eine gewisse Disproportionalität zwischen dem Wasser- und Salzgehalt derselben.

Der Durst darf, so wenig als das Hungergefühl, auf rein lokale Zustände der Mundhöhle ausschliesslich zurückgeführt werden; denn 1) niedere Grade des Durstgefühles können zwar beschwichtigt, höhere aber nur einigermaassen gemindert werden durch gehörige Befeuchtung der Mundhöhle. 2) Namentlich in gewissen pathologischen Zuständen ist trotz vollständiger Durchfeuchtung der Mundhöhle starker Durst möglich, während er umgekehrt fehlen kann bei auffallender Trockenheit der Mundschleimhaut. Der Zustand der Nervencentren muss somit auch hier wieder von bestimmendem Einfluss sein.

478. Ekel.

Dieses, früher für eine modificirte Geschmacksempfindung gehaltene Gefühl ist nach E. H. Weber ein Muskelgemeingefühl, nämlich die Folge der Perception unordentlicher und anomaler Contractionszustände der Muskulatur hauptsächlich des Pharynx und des Gaumens. Die stärkeren Grade sind Vorläufer und Begleiter des Brechaktes; am heftigsten ist der Ekel, wenn man gebrochen hat und weitere Brechbewegungen nichts mehr aus dem leeren Magen herausfördern. Diese anomalen Bewegungen der Pharynx- und Gaumenmuskulatur sind:

1) Reflexbewegungen (Stich). Die Veranlassungen sind a) am häufigsten widerliche Gerüche; hierauf folgen b) unangenehme Geschmäcke. In beiden Fällen müssen aber jene specifischen objektiven Sinnesempfindungen getrennt werden von dem begleitenden Gemeingefühl, welches freilich in unserem Empfinduugszustand bei Weitem vorschlägt. c) Gewisse ungewohnte mechanische Reize des Hintermundes, z. B. Kitzeln u. s. w. des Gaumensegels, der Zungenwurzel. — Die Geneigtheit zum reflectorischen Ekel wird durch Gewöhnung an jene Gerüche, Geschmäcke u. s. w. bedeutend gemindert, ja ganz beseitigt.

2) Oder sie rühren her von psychischen Ursachen, vor allem von gewissen Gemüthsaffekten. Hieher gehören auch heftige Erregungen der höheren Sinne besonders des Gesichts.

3) Viele Krankheiten, namentlich der Verdauungsorgane und des Gehirns verursachen Ekel. Die Vermuthung liegt übrigens nahe, dass auch in den Categorien 2. und 3. zuerst anomale Zustände der Schleimhaut des Nahrungsschlauches und seiner Annexa auftreten, welche reflectorisch (ausser der Magen- und Darmmuskulatur) die Muskeln des Hintermundes in tumultuarische Erregung versetzen.

479. Respiratorische Gemeingefühle.

Das jeweilige Respirationsbedürfniss des Organismus verlangt ein bestimmtes Maass der Ventilation der Lungenluft. I. In der Norm entsprechen die Athembewegungen, nach Zahl und Tiefe, dem vorhandenen Gaswechsel genau und es ist bemerkenswerth, dass dieselben alsdann keinerlei deutlichen Muskelgefühle in uns erregen. Die frequenten Athemzüge z. B. bei der (nicht übermässigen) Körperbewegung vermitteln in der That ebensowenig, wie die seltenen im Ruhezustand des Körpers, ein Gemeingefühl. II. Steigern wir aber willkürlich, d. h. über das Bedürfniss, die Athemzüge, so stellen sich Sensationen von Muskelanstrengung ein und bei näherer Aufmerksamkeit wird es nicht entgehen, dass dieselben, wenigstens beim hastigen und unregelmässigen Athmen, eine gewisse Aehnlichkeit mit den die Athemnoth begleitenden Gefühlen haben.

III. Vermindert man dagegen willkürlich die Zahl und Tiefe der Athemzüge, oder hält man den Athem völlig an, so entsteht ein zunehmend peinigenderes, über den ganzen Thoraxraum sich verbreitendes Gefühl: Athemnoth (Dyspnoe). Der Zustand fordert gebieterisch eine Inspiration und dieselbe ist mit einem angenehmen, uns in hohem Grad erleichternden Gemeingefühl verbunden.

480. Ursachen der Athmungsgemeingefühle.

Die vom Vagus stammenden sensibelen Nerven der Lungen wurden früher von Manchen als ausschliessliche Vermittler der respiratorischen Gemeingefühle angesehen. Die durch den Gaswechsel im Athemorgan bedingte anwachsende Erregung der Vagusfasern sollte nach dem Respirationscentrum fortgeleitet werden und dort sowohl eine reflectorische Einathmungsbewegung auslösen als auch, unter Umständen, ein bestimmtes Athemgefühl. Hall gieng selbst so weit, die Einathmung ausschliesslich für eine vom Vagus eingeleitete Reflexbewegung zu halten, wogegen schon das Fortbestehen der Athembewegungen nach der Durchschneidung der Vagi, oder nach völliger Ausschneidung der Lungen, spricht. Andere wollen den Vorgang allgemeiner auffassen: das verlängerte Mark als Centrum der Athembewegungen soll von allen Körpertheilen beständig Erregungen empfangen, welche in rhythmische reflectorische Reizungen der Nerven der Inspirationsmuskeln umschlagen sollen. Diese, vielfach getheilte Ansicht ist unverträglich mit dem Fortbestehen der Athembewegungen nach Trennung des Rückenmarkes in der unteren Cervicalgegend.

Der Vagus vermag bloss, wie viele andere Nerven (s. 238 und 239), die Athembewegungen reflectorisch zu modificiren, der wahre Grund derselben liegt in Wechselzuständen der Athmungsmuskeln selbst und in deren Einfluss auf das nervöse Respirationscentrum. Dessgleichen scheinen uns die Athemgefühle ganz vorzugsweis Muskelgemeingefühle zu sein, obschon wir eine gewisse Betheiligung der Vagusfasern nicht läugnen wollen.

Athemnoth entsteht durch jedwede Behinderung des respiratorischen Gaswechsels. Die Veranlassungen sind: 1) Willkürliche Minderung der Zahl und Tiefe der Athemzüge. 2) Verschlechterung der Luft. 3) Beeinträchtigte Ventilation der Lungenluft (z. B. ein Band um den Thorax; Unausdehnsamkeit der Bronchien in Folge von Krampf der Bronchialmuskeln u. s. w.). 4) Minderung der athmenden Fläche (in vielen Lungen-, Pleura- und Herzkrankheiten). 5) Unzureichende Funktion des Blutes als Gasträger. Hieher gehört namentlich die Armuth an Blutkörperchen; daher z. B. die Athemnoth der Bleichsüchtigen schon bei geringen Bewegungen. Aber auch bei extremen Körperanstrengungen stellt sich beim normalen Menschen Athembeengung ein, da der respiratorische Gaswechsel dem stark gesteigerten Stoffumsatz in den Muskeln jetzt nicht mehr genügt.

Endlich kann auch ohne Beeinträchtigung des Gaswechsels Athemnoth (als sog. subjektive Dyspnoe) entstehen, in Folge primärer Anomalien im respiratorischen Nervensystem (Nervi vagi? Centren des respiratorischen Gemeingefühls im Gehirn; ganz besonders aber nach unserer Hypothese durch subjektive Muskelgefühle der Respirationsmuskulatur). Es kann somit nicht auffallen, dass die willkürliche bedeutende Steigerung der Athembewegungen, trotz freiestem Gaswechsel in den Lungen, Sensationen auslöst, die an die dyspnoëtischen Gefühle erinnern.

XXIII. Stehen und Ortsbewegungen.

481. Allgemeine Bemerkungen.

Die Beine dienen vorzugsweis als Stützen, sowie zur Fortbewegung des Körpers; die Arme dagegen besonders zum Ergreifen von Gegenständen. Die Arme sind mit viel grösserer Beweglichkeit begabt als die unteren Gliedmaassen, so dass wir jede Stelle unserer Körperoberfläche mittelst derselben zu erreichen vermögen. Die Bewegungen, die wir mit den Gliedmaassen ausführen, sind:

1) Vollkommen willkürliche und zwar nach Anstrengung, Grösse, Dauer, Richtungen u. s. w. Die auch nur ganz kurze Betrachtung der grossen Mannigfaltigkeit des hier Möglichen würde uns viel zu weit führen.

2) Anhaltende, zur Erreichung eines speciellen Zweckes

(Gehen, Laufen, Tanzen, Schwimmen, Klettern u. s. w., Drehen einer Kurbel; wiederholtes Werfen oder Heben einer Last u. s. w.). Bei allen diesen Aufgaben werden ganz bestimmte, periodisch wiederkehrende und gleichmässige Bewegungen vollführt. Das Grundprincip dieser Bewegungen ist thunlichst geringe Muskelanstrengung, wodurch auch eine möglichst lange Fortsetzung der Bewegungen gestattet ist. So lang wir diesem Gesetz gehorchen, sind z. B. unsere unteren Gliedmaassen in der That in die relativ einfacheren Verhältnisse der Fortbewegungsmaschinen zurückversetzt, vor denen sie aber wieder den grossen Vorzug haben, dass die Bewegungen aufs Schnellste und Mannigfaltigste, je nach Bedarf, sich abändern lassen. Wir betrachten hier bloss das Stehen, Gehen und Laufen als die wichtigsten und am meisten maschinenmässig erfolgenden, desshalb auch am besten hinsichtlich ihrer Durchschnittsgesetze gekannten Zustände.

A. Gelenke des Beines.

482. Hüftgelenk.

Das Hüftgelenk ist eine Arthrodie. Der, eine Kugelfläche bildende Kopf des Femur liegt nur zur Hälfte in der Pfanne, wird aber in dieser zurückgehalten durch den Luftdruck, welcher den Kopf mit einem, das Gewicht des Beines etwas übertreffenden, Druck von etwa 13 Kilogrammen gegen die Pfanne presst. Da somit Luftdruck und Schwere des Beines ziemlich im Gleichgewicht stehen, so kann der Kopf mit geringster Reibung in der Pfanne bewegt werden und das Bein ohne Muskelanstrengung leicht hin und her penduliren, was wesentlich zur Erleichterung des Gehens beiträgt (Ed. und W. Weber). Die Bewegungen im Hüftgelenk sind: 1) Beugung und Streckung, etwa 130° betragend; 2) Abduction und die viel geringere Adduction; 3) Rotation des Beines um seine Längsaxe.

Das Ligamentum teres, Figur 119 *t l*, (von der Incisura acetabuli *t* hinauf zum Grübchen *l* des caput femoris) wird gespannt, wenn der Schenkelkopf um seine auf der Papierfläche senkrechte Axe *c* von *l* nach *s'* rotirt, es ist also ein Hemmungsband der Adduction. Das ligamentum superius (vom Vordertheil des oberen Pfannenrandes *s*, zur linea intertrochanterica anterior *s*), wirkt bei dieser Hemmung unterstützend.

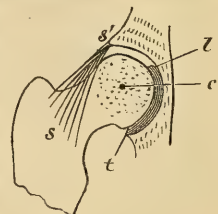


Fig. 119.

Wird von der Beckenseite aus in die Pfanne ein Loch gebohrt, so fällt in der That das Bein herab. Durchschneidet man bei unversehrter Pfanne sämmtliche über das Hüftgelenk gespannte Muskeln und die Kapselmembran, so bleibt der Kopf immer noch zurück, indem das labrum cartilagineum ventilartig das Eindringen von Luft in den inneren Pfannenraum verhütet (W. Weber).

483. Kniegelenk.

Die beiden Condyli femoris bilden Gelenkflächen mit Krümmungen von hinten - vorn und von rechts - links. Die zwei Gelenkflächen der Tibia sind fast

eben und jede derselben mit einem beweglichen Zwischenknorpel überzogen. Das Kniegelenk zeigt zweierlei Bewegungen: I. Drehung um eine horizontale Axe von rechts-links durch die Condyli femoris gelegt; also Beugung mit Rollen der Condyli nach hinten, Streckung mit Rollen nach vorn. Dabei stehen die Condylen je nur mit einer beschränkten Stelle ihrer Krümmung auf der Tibia, sie müssen sich also von letzterer abwickeln wie ein Wagenrad vom Boden. Die Condylenkrümmung von vorn nach hinten ist aber kein Kreisabschnitt, sie wird hinten stärker und nimmt zugleich schnell zu; demnach kann die Drehaxe für die Streckung und Beugung nicht (wie beim Ginglymus) konstant sein, sondern sie muss fortrücken mit den Berührungspunkten. Aber auch die Rollung der Condylen ist keine vollständige, sie wird durch Bänder gehemmt, somit werden die Condylen auf den viel kleineren Tibiaflächen während des Rollens etwas geschleift. II. Drehung des Condylus ext. femoris um den Condylus internus auf der Tibia; dadurch wird Pronation und Supination des Unterschenkels möglich, deren Umfang im günstigsten Fall 40° beträgt, während stärkste Beugung und stärkste Streckung 144° einschliessen.

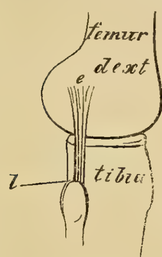


Fig. 120.

Die Seitenbänder, ligam. laterale internum und externum (Figur 120 *l e*) sind stark gespannt bei gestreckten Beinen, dadurch werden die Gelenkflächen an einander gepresst, das Bein wird zur festen Stütze und es ist nur noch Beugung, nicht aber eine weitere Streckung möglich. Bei der Beugung aber nähern sich die Insertionspunkte der lateralen Bänder, so dass nunmehr auch Pronation und Supination des Unterschenkels ausgeführt werden kann. Die Kreuzbänder: lig. cruciatum anticum (von der Grube vor der eminentia intermedia tibiae nach hinten zur Kniekehlseite des Condylus ext. femoris) und lig. cruciatum posticum (von der Mitte des hinteren Randes der Tibiafläche nach vorn zur Kniekehlseite des Condyl. int. fem.). Wichtig für die, von E. Weber entdeckten Funktionen dieser Bänder sind ihre linearen Anheftungen am Femur. Diese sind, bei gestrecktem Bein, senkrecht beim cruc. anticum (Fig. 121, 4 — 3), wagrecht beim cruc. posticum (Fig. 122, 2 — 3). Bei Beugung im Knie (Fig. 123) steigt 4 des anticum herab, 3 hinauf; gleichzeitig geht (Fig. 124) 2 des cruc. posticum herab, 3 hinauf. Das cruc. postic. ist Hemmungsband für weitere Beugung, das anticum für zu starke Streckung, wo dann aber auch das posticum wieder gespannt ist; die lateralia und cruciata wirken demnach jetzt übereinstimmend. Bei allen Beugestellungen zeigen die cruciata annähernd die dieselbe durchschnittliche Totalspannung, wodurch sie die Condylen auf der Tibia festhalten und (wie die lateralia bei der Streckung) Ver-

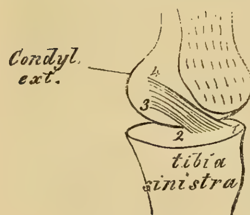


Fig. 121.

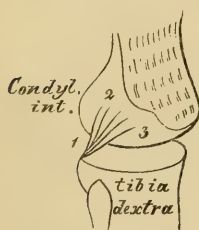


Fig. 122.



Fig. 123.

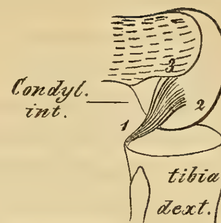


Fig. 124.

schiebungen derselben auf der Tibia unmöglich machen. Dadurch werden aber auch die Condylen gezwungen zu rollen und zwar, bei zunehmender Spannung des cr. anticum bei der Streckung, nach vorwärts und bei zunehmender Spannung des cr. posticum während der Beugung nach rückwärts.

484. Fussgelenke.

Der Fuss bildet eine feste Stütze für die Körperlast, gewährt die so nöthige Sicherheit gegen Stösse und ist gewisser Bewegungen als Ganzes sowie gewisser Formveränderungen fähig, die ihn geschickt machen, dem Boden sich anzuschmiegen und von demselben sich abzuwickeln. Alle diese Aufgaben werden durch eine grössere Zahl meist kurzer Knochen und durch starke Bändermassen erreicht. Wir heben bloss die wichtigsten Bewegungen hervor. 1) Schienbein-Sprungbeingelenk. Die den Gelenkkopf darstellende Rolle des Sprungbeins ist von vorn nach hinten gekrümmt (Figur 125). Der obere Theil der Höhle wird gebildet vom Schienbein. Die Gelenkaxe (in Punkt *c*, senkrecht auf der Papierebene) geht horizontal von rechts-links durch die Sprungbeinrolle, etwas unterhalb des Malleolus internus. Das Gelenk ist ein Ginglymus (resp. Schrauben-Ginglymus, s. 131), die Bewegungen: Streckung und Beugung des Fusses; die seitlichen Abweichungen werden verhütet 1) durch die schwache Vertiefung der Sprungbeinrolle von rechts-links, 2) durch die Malleoli ext. und int., welche die Rolle des Sprungbeins zwischen sich nehmen. Die Seitenbänder halten die Gelenkflächen zusammen; jedes derselben (lig. laterale pedis int. (Figur 125), ausgehend vom malleolus int., und lig. ext., ausgehend vom malleo-

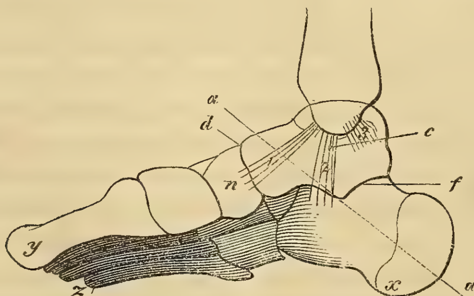


Fig. 125.

lus ext.), geht herab zu den Fusswurzelknochen, wobei es sich spaltet in ein vor-

deres, mittleres und hinteres Bündel (1, 2, 3 Figur 125). Die vorderen setzen der Streckung, die hinteren der Beugung des Fusses eine Grenze.

2) Sprungbein-Fussgelenke. Das Sprungbein hat 2 Gelenkverbindungen mit dem Fuss. 1) Eine vordere mit dem Schiffbein (Fig. 125, *d*). Der Gelenkkopf gehört dem Sprungbein an, die Höhle wird gebildet vom Schiffbein (*n*), dem vorderen Fortsatz des Fersenbeins und der Sehnenrolle des m. tibialis posticus. 2) Eine hintere Gelenkverbindung mit dem Fersenbein allein (*f*). Hier ist die Hohlfläche im Sprung-, die erhabene Fläche im Fersenbein. — Beide Gelenke setzen, da sie nicht für sich beweglich sind, ein Ganzes, ein Drehgelenk zusammen, das ein Heben des inneren oder äusseren Fussrandes vom Boden gestattet. Die gemeinschaftliche Axe der 2 Gelenke wird mit Meyer wohl am richtigsten gelegt in der Richtung *aa'* Figur 125. Die Hemmung der Bewegung wird weniger durch die entgegengesetzten Krümmungen beider Gelenke, als durch Bandmassen bewirkt.

Die Fusswurzel- und Mittelfussknochen bilden ein Gewölb über dem Fussboden, der Fuss steht bloss an den Punkten *x*, *y*, *z* auf dem Boden. Die Gewölbform ist bedingt durch die Construktion der Knochen, ganz besonders aber durch starke Bänder an der Sohlenseite, welche ein Plattdrücken des Fusses durch die Körperlast verhüten. Die wichtigsten Gelenke im Vorderfuss werden gebildet durch die Köpfchen der 5 Mittelfussknochen und die Concavitäten der ersten Zehenphalangen. Sie gestatten beim Gehen ein Abwickeln der Fusssohle vom Boden, wodurch der Fuss auf die Köpfchen der Mittelfussknochen zu stehen kommt. Als wirkliche Stütze dienen die Zehen nicht, sondern vorzugsweis als Anschmiegeapparate an den Boden. Die Sesambeinchen sind specielle Stützen für das Köpfchen des ersten Mittelfussknochens.

B. Stehen.

485. Schwerpunkt des Körpers.

Die Lage des Schwerpunktes ist von grosser Wichtigkeit beim Stehen und Gehen. Die Höhe des Schwerpunktes des ganzen Körpers bestimmte schon Borelli (Figur 126) durch das Aequilibriren des auf ein Brett gelegten Körpers auf einer wagrechten Kante. Ed. Weber verschob, nachdem der Schwerpunkt des Brettes bestimmt war, die Versuchsperson so lang auf dem Brett, bis Gleichgewicht hergestellt war. Der Schwerpunkt liegt alsdann in der senkrechten Ebene *s w*, die durch das Promontorium geht. Durch ein ähnliches Verfahren wurde am Leichnam, nach ausgeschälten Beinen, die Höhe des Rumpfschwerpunkts bestimmt; derselbe fällt in eine durch das untere Ende des Brustbeines oder durch den Schwertfortsatz gegen die Wirbelsäule gezogene Ebene (wir wollen sie *a* Ebene nennen); der Rumpfschwerpunkt liegt somit hoch über der

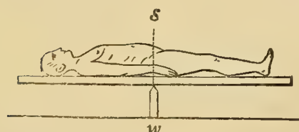


Fig. 126.

gemeinschaftlichen Drehungsaxe der Schenkelköpfe. Nimmt man nun an, dass beim aufrechten (militärischen, s. 488) Stehen die Rumpfstellung ohne grosse Muskelanstrengungen erzielt wird, mit andern Worten, dass der Rumpf auf beiden Schenkelköpfen balancirt, so muss der Rumpfschwerpunkt in derjenigen Ebene (*b* Ebene) liegen, die senkrecht durch die Centren beider Schenkelköpfe geht; diesen Centren enspricht der vordere Rand der grossen Trochanteren. Die *b* Ebene wird näherungsweise bestimmt, wenn man neben einem Aufrechtstehenden zwei Bleilothe aufhängt in der senkrechten Ebene, in der die beiden genannten Trochanterränder liegen. Diese *b* Ebene durchschneidet die Zizenfortsätze der Schläfenbeine. Zieht man in der *b* Ebene eine Senkrechte, von welcher die symmetrischen Theile des Körpers links und rechts gleich weit abstehen, so trifft diese Senkrechte die *a* Ebene in einem Punkt: dem Schwerpunkt des Rumpfes. Dieser läge somit in der Höhe zwischen Schwertfortsatz und 8. Brustwirbel, etwa 50 Millimeter von letzterem entfernt (E. Weber).

486. Steifung des Beines.

Beim Stehen handelt es sich vor Allem um Festigkeit (möglichst geringe Körperschwankungen), Ausdauer und Bequemlichkeit der Stellung. Diejenigen unter den sehr mannigfaltigen Steharten sind die zweckmässigeren, welche diese Aufgaben am besten erfüllen.

Die Grundbedingung des Tragens der Körperlast durch das Bein ist Umwandlung desselben in eine steife Stütze. Die Steifung kann hergestellt werden in zweierlei Weise:

1) Die beweglichen Abtheilungen des Beines werden durch Muskelthätigkeit steif gehalten, wobei dieselben sehr verschiedene Winkelstellungen gegen einander einnehmen können. Ein bestimmtes Stehen dieser Art ist immer nur vorübergehend zu behaupten, indem die Muskeln früher oder später ermüden. Auf diese Stehweisen, als die nichtnatürlichen, gehen wir nicht näher ein.

2) Gewisse Gelenke werden mit Ersparung von Muskelanstrengung, durch anderweitige Mittel im Maximo ihrer Streckung, d. h. in einer einzigen ganz bestimmten und längere Zeit zu behauptenden, Stellung erhalten (Ed. Weber). Diess geschieht durch Verlegung des Rumpfschwerpunktes ausserhalb der senkrechten Ebene, in der die Drehaxe des betreffenden Gelenkes liegt und zwar in der Richtung der Streckbewegung des letzteren. Dadurch bilden zwei, sonst beweglich an einander stossende Abtheilungen eine steife Verbindung. Alle Beingelenke sind beim Stehen auf diese Art gesteift, mit Ausnahme des Tibio-astragalusgelenkes. Der Rumpf und das steife, stehende Bein balanciren demnach auf dem Astragalus.

Zur Ermittelung der Stabilitätsgrade der verschiedenen Stehweisen bedient sich Vierordt eines einfachen graphischen Verfahrens. Der auf dem Rumpf unbeweglich gehaltene Kopf trägt auf dem Scheitel einen senkrechten Pinsel, welcher auf einer horizontal über dem Kopf befestigten berussten Glasplatte, den Körperschwan-

kungen entsprechend, nach einer bestimmten Zeit, eine Figur von gewisser Form und Grösse aufzeichnet. Eine bewegliche Vorrichtung, zur Darstellung jeder einzelnen Schwankung wird für ein späteres, genaueres Eindringen in die Physiologie des Stehens unerlässlich.

487. Balancirung des Beines.

Die möglichst labile Aufstellung des gesteiften Beines auf dem Astragalus ist kein Nachtheil, wie man gewöhnlich annimmt (und desshalb auf Mittel sinnt, wie auch dieses Gelenk möglichst steif gemacht werden könne!), sondern im Gegentheil ein wesentlicher Vortheil für die Sicherheit des Stehens, aber nur unter der Bedingung, dass Einrichtungen vorhanden sind, die uns alsbald benachrichtigen, wenn das Gleichgewicht anfängt verloren zu gehen und die uns zweitens gestatten, das verlorene Gleichgewicht mit geringster Anwendung von Muskelkräften sogleich wieder herzustellen. Die Benachrichtigungsmittel sind, nach Vierordt, folgende:

1) *Muskelgefühle.* Wir sind uns der Lagen unserer Körpertheile genau bewusst vermittelst bestimmter durch die Muskeln vermittelter Gemeingefühle. Unser Urtheil hierüber ist aber gerade beim Stehen so ausserordentlich begünstigt, weil sämmtliche Körpertheile, bei ihrem Balancement auf dem Astragalus übereinstimmende, d. h. concentrische passive Bewegungen vollführen und somit harmonirende, gewissermaassen durch ihre Multiplikation deutlicher werdende Muskelgefühle uns verschaffen. Sie belehren uns schnellstens über das verloren gegangene Gleichgewicht und sind um so feiner, je weniger die Muskeln angestrengt werden.

Diese Gefühle, die auch Gefühle des Gleichgewichts und des gestörten Gleichgewichtes genannt werden können, sind specifischer Natur, wie so viele andere Muskelgefühle. In der Muskelschwäche, also in vielen Krankheiten und Reconvalescenten, sowie speciell bei Krankheiten der Nervencentren zeigen sie die mannigfaltigsten Abnormitäten, zusammengefasst unter dem trivialen Namen: Schwindel. Daher die Unsicherheit des Gehens und selbst Stehens in solchen Fällen.

2) *Drucksinn und Ortssinn der Sohlenhaut.* Bei Veränderungen des Gleichgewichts werden verschiedene Stellen der Sohlenhaut und zwar mit verschiedenen Belastungen gedrückt. Die Drücke nehmen zu an diesen und gleichzeitig ab an jenen Stellen der Haut derselben Sohle, so wie sie bei ungleichmässigem Stehen auf beiden Füssen bald mehr die Sohle des rechten, bald mehr die des linken Fusses treffen. Die Wölbung der Sohle, d. h. das Aufstehen derselben nur mit bestimmten Punkten (Fersbein, Köpfchen des 1. und 5. Mittelfussknochens) begünstigt die Schärfe der Empfindungen auf der Sohlenhaut.

3) *Gesichtssinn.* Fixiren wir einen ruhenden Gegenstand, so werden wir von Schwankungen unseres Körpers sogleich benachrichtigt, indem wir die Lageveränderungen des fixirten Objektes gegen den Hintergrund wahrnehmen.

Die Leistungen des Sehsinnes für die Erkenntniss des verloren gehenden Gleichgewichts sind sehr viel geringer, als die der zwei erstgenannten Hülfsmittel. Wir können ja auch im Dunkel oder bei geschlossenen Augen sicher stehen, jedoch mit etwas grösseren Körperschwankungen als bei offenen Augen. Beim Stehen aber ausschliesslich auf einem Fuss greift dieses Hülfsmittel sehr viel deutlicher ein. Geradezu unentbehrlich endlich ist das Auge für das Stehen und Gehen in höheren Graden der als Tabes dorsalis bezeichneten Rückenmarksleiden.

488. Natürliches aufrechtes Stehen.

Dasselbe verlangt, wie erörtert, eine Steifung des die Körperlast tragenden Beines im Knie- und Hüftgelenk ohne Anwendung von Muskelkraft. Die hieher gehörigen mannigfaltigen Stehweisen können wir in 2 Gruppen theilen:

1) Vorzugsweises Stehen auf einem Bein. (Position hanchée; die deutsche Sprache hat für diese gewöhnlichste aller Stehweisen keine Bezeichnung.) Das die Körperlast tragende Bein ist gestreckt und der gemeinsame Schwerpunkt des Körpers senkrecht (so nehmen wir vorläufig an) über dem Fussgelenk dieses Beines, also der Rumpf etwas nach dieser Seite geneigt. Das andere Bein wird bloss ganz leicht auf den Boden gesetzt und zwar am besten vor das stützende Bein; ausserdem ist es schwach gebeugt im Knie- und Hüftgelenk. Es trägt demnach die Körperlast nicht.

Der Körperschwerpunkt wird aus der oben bezeichneten Lage um ein Minimum in der Richtung gegen das schwach aufgesetzte Bein verlegt; leise Streckungen des letzteren im Knie stellen die Gleichgewichtslage, wenn sie gestört wird, sogleich wieder her. Die Hauptabarten dieses Stehens, auf die wir nicht näher eingehen, werden bestimmt. 1) von dem Winkel, welchen die Längsaxen beider Fusssohlen zwischen sich einschliessen und 2) von den Abständen beider Beine.

2) Gleichmässiges Stehen auf beiden Beinen. Die symmetrischen Theile des Körpers liegen hier gleichweit ab von der senkrechten Medianlinie, welche den Körper in eine rechte und linke Hälfte theilt. Diese Stehweisen können somit auch symmetrische, im Gegensatz zu den asymmetrischen der ersten Gruppe genannt werden. Von den manchfachen hier möglichen Anordnungen (Hauptabarten: Stärke der Spreizung der Beine und Grössen des von den beiden Fusssohlen eingeschlossenen Winkels) soll nur das Prototyp hervorgehoben werden: die steife, „militärische“ Stellung. Dieses Stehen verlangt gleichmässiges Aufstehen beider Fusssohlen auf dem Boden; gleichmässige Vertheilung der Körperlast auf beide in ihren Hüft- und Kniegelenken in starre Stützen verwandelten Beine; senkrechte Lage des Schwerpunkts des Körpers über dem von beiden Füssen begrenzten Theil des Bodens.

489. Vergleichung beider Hauptarten des Stehens.

Die natürlichste Aufrechtstellung ist diejenige, bei welcher 1) Knie und Hüfte des stützenden Beines im Maximo der Steifung verharren; 2) eine möglichst geringe Muskelanstrengung beansprucht wird und 3) wir über das verloren gehende Gleichgewicht sogleich benachrichtigt werden, indem die oben erwähnten Aequilibrirungsgefühle unter die günstigsten Nebenbedingungen gestellt sind; und 4) wenn das Gleichgewicht schnellstens und mit einem Minimum von Kraft wieder gewonnen werden kann. Diese Stehweise muss demnach die solideste (die geringsten Körperschwankungen zeigende), die am längsten zu behauptende und (weil mit geringster Ermüdung verbunden) die von den Menschen allgemein und unwillkürlich gewählte sein. Alle diese Anforderungen erfüllt das vorzugs-

weise Stehen auf einem Bein sehr viel mehr als das symmetrische Stehen. Einige der hauptsächlichsten Vortheile der position hanchée (die wiederum ihre beste Form hat, gegenüber minder guten) sind:

1) Grössere Steifung in Knie und Hüfte des stürzenden Beins, verursacht durch den Druck des Rumpfgewichts ausschliesslich auf dieses Bein. Beide Gelenke sind nahezu oder völlig im Maximo der Streckung; desshalb wird

2) bei der symmetrischen Stellung das Vorwärtsfallen der Unterschenkel namentlich verhütet durch die Wadenmuskeln, wobei zugleich, da diese die Kniee beugen würden, die Kniestrecker wirken müssen. Bei der unsymmetrischen Stellung aber sind die Wadenmuskeln des tragenden Beines viel weniger, die des leicht aufgesetzten gar nicht angestrengt, da a) das zweite Bein etwas vorgesetzt wird und somit das Vorwärtsfallen sogleich hemmt, und b) die Aktion des zweiten Beines bloss in ganz schwachen Zusammenziehungen der Kniestrecker besteht.

3) Bei der symmetrischen Stellung sind die Angriffspunkte der Muskeln (Wadenmuskeln), welche das Vorwärtsfallen des Körpers aufhalten, dem Fussgelenke verhältnissmässig nahe. Die asymmetrische Stellung aber bietet den grossen Vortheil, dass das zweite Bein, wenn es sich im Knie streckt, um den nach vorn überfallenden Körper zurückzuführen, seinen Angriffspunkt hoch oben hat, d. h. weit entfernt vom Fussgelenk. Die das verlorene Gleichgewicht herstellende Muskelthätigkeit wirkt also im zweiten Fall unter sehr viel günstigeren Hebelverhältnissen.

4) Bei der asymmetrischen Stellung übt das den Körper nicht tragende Bein nur einen sehr geringen Druck auf den Boden; denn beim Beginne des Ueberfallens des Körpers vermag ein Druck von bloss 6—8 Kilogrammen auf den Boden die Gleichgewichtslage wieder herzustellen (Vierordt). Dieses Bein kann also auf den Boden drücken mit einem Gewicht, das geringer ist als sein eigenes; mit anderen Worten: die das verlorene Gleichgewicht wiederherstellende Muskulatur (Kniestrecker) arbeitet unter einer fast vollständigen Entlastung, die Wadenmuskulatur beim symmetrischen Stehen dagegen bei viel stärkerer Belastung.

5) Beim unsymmetrischen Stehen ist das Druckgefühl der Sohlenhaut des nichttragenden Beines in entschiedenstem Vortheil.

Da (nach 4) der Druck dieses Beines auf den Boden höchst gering ist, so wird er beim leisesten Ueberfallen relativ sehr bedeutend vermehrt, was nicht der Fall sein kann beim symmetrischen Stehen. Da wir nach E. H. Weber schon Druckunterschiede von $^1/_{40}$ wahrnehmen (324), so muss bereits ein minimes Ueberfallen des Körpers von der Sohlenhaut des nichttragenden Beines empfunden werden.

6) Die Aequilibrirungsgefühle der Muskeln sind beim unsymmetrischen Stehen begünstigt, weil die Muskeln viel weniger angestrengt sind.

7) Die Körperschwankungen sind viel geringer beim asymmetrischen Stehen.

Beifolgende Figuren stellen Proben der, am Scheitel gemessenen, Schwankungen bei den verschiedenen Stellungen u. s. w. dar, nach der 486 angegebenen Methode. Das * bezeichnet die Anfangsstellung des Pinsels. Die Versuchszeit betrug immer 3 Minuten; bei Verlängerung derselben würden die relativen Vorzüge der assymmetrischen Stellungen noch mehr hervortreten.

Figur 127 *a* militärische Stellung; *a'* ebenso, aber mit geschlossenen Augen; *b* position hanchée (das rechte Bein ist das tragende); *c* Sitzen; *c'* Sitzen, blind; *d* Stehen auf einem (rechten) Fuss.



Fig. 127.

C. Gehen.

490. Aufgaben.

Die Beine dienen beim Gehen der doppelten Aufgabe des Stützens und Vorwärtsschiebens des Rumpfes. Sie wechseln dabei in der Art ab, dass das eine Bein den genannten Forderungen, unter Verbrauch von Muskelkraft, entspricht, während das andere bei augenblicklicher Erschlaffung seiner Muskeln am Rumpf hängt. Jedes Bein kommt also abwechselnd in den aktiven und passiven Zustand. Die älteren, vielfach unvollkommenen Untersuchungen von Borelli, Barthez u. s. w., über das Gehen und Laufen haben den, hier besonders leicht möglichen Fehler, das Unwesentliche oder selbst Unzweckmässige einzelner individueller Gangarten als die Hauptsache anzusehen, nicht gehörig vermieden. Die nur der messenden Methode zugängliche Entdeckung der wichtigsten Erscheinungen der Fortbewegungen des Körpers und deren mechanische Theorie verdankt man W. und Ed. Weber.

491. Aktiver Zustand des Beines.

Das Bein wird aufgesetzt auf den Boden und bewegt sich um seinen Stützpunkt (Figur 128 *c*) von hinten nach vorn (wir wollen vorerst einfach annehmen in dem Bogen *a d*). Dabei nimmt es der Reihe nach 3 Lagen an: 1) der Schenkelkopf (Schwerpunkt des Körpers) steht hinter dem Fustgelenk *c*, also in irgend einem Punkt des Bogens *a b*. Den Rumpf kann es jetzt noch nicht stützen, diese Verrichtung vollführt noch das andere Bein.

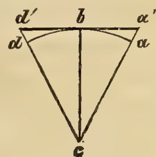


Fig. 128.

2) Der Schenkelkopf steht senkrecht über dem Fussgelenk (*b c*); jetzt beginnt der aktive Zustand, aber in dieser Lage nur als Tragen der Körperlast.

3) Der Schenkelkopf steht vor dem Fussgelenk, in irgend einem Punkt von *b d*. Das Bein erhält also eine immer schiefere Lage gegen den Rumpf; dabei muss es den Rumpf 1) fortwährend stützen, 2) als neue Aufgabe, denselben gleichzeitig vorwärts schieben und 3) auf gleicher Höhe erhalten, sodass der Schenkelkopf nicht den Bogen *a d*, sondern annähernd die horizontale Gerade *a' d'* beschreibt. Diese Horizontalbewegung verlangt 1) auf dem Weg *a' b* Biegung im Kniegelenk, deren Maximum fallen muss in die Lage *b c*; 2) zwischen *b* und *d'* dagegen zunehmende Verlängerung des Beins, durch wachsende Streckung im Knie- und hierauf im Fussgelenk. Dadurch wickelt sich der Fuss, der bisher ganz auf dem Boden stand, von hinten nach vorn ab. Endlich steht der Fuss auf dem Ballen (*d' c*), das Bein kann sich nicht mehr weiter verlängern und das Stützen geht über auf das andere Bein.

492. Passiver Zustand des Beines.

Auf die eben geschilderten Thätigkeiten folgt der passive Zustand; das Bein hängt am Rumpf und nimmt somit Theil an dessen Vorwärtsbewegung, schwingt aber dabei gleichzeitig von hinten nach vorn. Diese Schwingung ist ermöglicht durch die Beweglichkeit des Hüftgelenks, sie geschieht ohne Betheiligung der Muskeln einfach nach den Gesetzen des Pendels. Desshalb hängt die Schwingungsdauer ab von der Beinlänge und der Art, wie die Masse des Beines vertheilt ist, sowie sie auch bei demselben Menschen fast dieselbe ist, die Schwingung selbst mag gross sein oder klein. Dadurch wird erzielt 1) Kraftersparung während der Muskelruhe und 2) eine grössere Regelmässigkeit der Schritte, sodass das Bein nach einer gewissen Zeit sicher vorwärts geschwungen ist und die stützende Rolle sogleich übernehmen kann.

493. Gleichzeitige Zustände beider Beine.

Beim allerschnellsten Gehen steht jeweils nur ein Bein auf dem Boden; es schwingt also das eine Bein die ganze Zeit, während das andere stützt und schiebt. Die passive Periode sei ⌒, die aktive —, so haben wir das Schema Fig. 129 für diese einfachen Wechselzustände, wobei das in beiden Beinen gleichzeitig Geschehende vertikal unter einander kommt. Der passive und aktive Zustand zeigen also dieselbe Dauer. Bei allen anderen, d. h. geringeren Geschwindigkeiten kommt noch hinzu ein 3. Zustand: ein Zeitraum, wo beide Beine den Boden berühren. Dieser beginnt mit dem Aufsetzen des vorderen Beines auf den Boden und endet mit dem Abheben des hinteren Beines; die Abwicklung der Fusssohle vom Boden fällt in diese Zeit. Bei sehr langsamem Gehen dauert diese Periode (s. Fig. 130, *x*) etwa halb so lange als diejenige, während welcher nur ein Bein aufsteht; sie wird bei schnellerem Gang immer kürzer. In Figur 130 sei ..... Periode des vorn aufgesetzten noch nicht stemmenden Beines, das übrige aber wie Figur 129. Beide Figuren zeigen, dass ein

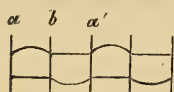


Fig. 129.

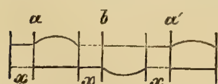


Fig. 130.

Bein den aktiven und passiven Zustand einmal (a bis a') durchgemacht hat in der Zeit eines Doppelschrittes. Ein einfacher Schritt aber liegt innerhalb der 2 Momente, wo die Stützpunkte beider Beine nach einander senkrecht unter dem Schenkelkopf stehen (a—b).

494. Nebenerscheinungen beim Gehen.

Der vorwärts bewegte Rumpf findet Widerstand in der Luft, daher seine Vorwärtsneigung, ähnlich wie beim Balancement eines bloss an seinem unteren Ende unterstützten fortbewegten Stabes. Dabei steht der Rumpf im labilen Gleichgewicht auf den Schenkelköpfen und die Rumpfneigung geschieht ohne Muskelanstrengung. — Der Rumpf wird annähernd gleich hoch getragen und zeigt nur kleine senkrechte Schwankungen. Hört gegen Ende des Stützens die Streckkraft plötzlich auf, so sinkt der Rumpf ein Moment, um ebensoviel gehoben zu werden, wenn das andere Bein senkrecht unter den Rumpf kommt. — Geht man mit auf der Brust gekreuzten Armen, so macht der Rumpf kleine Horizontaldrehungen um den Schenkelkopf des stemmenden Beines von hinten nach vorn. Sie werden verursacht durch das nach vorn schwingende Bein, gewöhnlich jedoch verhütet durch Rückwärtsschwingung des gleichseitigen Armes und das Vorwärtsschwingen des anderseitigen Armes.

495. Geschwindigkeit des Gehens.

Die Geschwindigkeit vermehren wir durch Vergrösserung der Länge und Zahl der Schritte; dabei tragen wir die Schenkelköpfe um so niederer, je schneller wir gehen. Mit dieser Grunderscheinung hängen alle übrigen Eigenthümlichkeiten des schnellen und langsamen Ganges unmittelbar zusammen, nämlich: 1) Der Schenkelkopf steht nieder, das Bein kann also aus der senkrechten Lage stärker entfernt werden, desshalb werden die Schritte grösser. 2) Das stark geneigte stemmende Bein kann den Rumpf minder leicht stützen als das weniger geneigte, also muss die Streckung desselben schnell geschehen. Ebenso muss das schwingende Bein fertig sein mit einer Schwingung, wenn das Strecken des stemmenden Beines aufhört, die Schwingung wird also früher unterbrochen als beim langsamen Gehen. Beide Ursachen verkleinern die Schrittdauer. 3) Das Schwingen des Beines wird früher unterbrochen, d. h. das schwingende Bein wird aufgesetzt, wenn es wenig über die senkrechte Lage nach vorn hinaus ist. Also kommt sein Schenkelkopf rascher senkrecht über den Fuss; das andere bisher aktive Bein kann den Boden verlassen, also: der Zeitraum, wo beide Beine aufstehen, ist sehr kurz (beim allerschnellsten Gehen = 0). 4) Der Rumpf ist stärker nach vorwärts gebeugt.

Da beim allerschnellsten Gehen das schwingende Bein aufgesetzt wird, wenn es senkrecht steht und die Zeit des Auftretens mit beiden Beinen = 0 ist, so folgt: die Schrittdauer des schnellsten Gehens ist = der halben Schwingungszeit des Beines. — Die Schrittlänge des schnellsten Gehens ist = dem Raum, der überspannt werden muss vom gestreckten hinteren Bein, während das vordere senkrecht steht, plus der Länge der abgewickelten Fusssohle, oder mit andern Worten: halb so gross

als die grösste Spannweite beider Beine plus der Länge des Fusses. — Also haben Dauer und Länge der Schritte, d. h. die Geschwindigkeit des Gehens einer Grenze, die durch die Mechanik des Apparates bestimmt wird. Auch giebt es beim ungezwungenen Gehen für jede Schrittdauer eine bestimmte Schrittlänge und umgekehrt.

Die Beziehungen zwischen Schrittdauer und Schrittlänge bei verschieden schnellem Gehen sind aus nachstehenden Weber'schen Versuchen ersichtlich:

Schrittdauer in Secunden:	Schrittlänge in Millimetern:	Secunden-geschwindigkeit
0,335	851	2397
0,417	804	1928
0,480	790	1646
0,562	724	1288
0,604	668	1106
0,668	629	942
0,846	530	627
0,966	448	464
1,050	398	379

Die Secundengeschwindigkeit des gewöhnlichen Militärschrittes ist nicht ganz 1 Meter.

D. Laufen.

496. Wesentlichste Eigenschaften.

Die Streckkräfte des stemmenden Beines wirken viel stärker als beim Gehen, dadurch erhält der Körper eine Wurfbewegung, während welcher beide Beine in der Luft schweben, zum wesentlichsten Unterschied vom Gehen, wo der Rumpf unausgesetzt unterstützt wird. Während des Schwebens nehmen die Beine Theil an der Vorwärtsbewegung des Rumpfes, die Schrittlängen können also grösser werden als die grösste Spannweite der Beine (beim schnellsten Gehen) erlaubt. Ausserdem schwingen während des Schwebens beide Beine vorwärts; das vordere Bein wird aufgesetzt, wenn es in die verticale Lage kommt, d. h. am Ende dieses Schrittes; das hintere Bein aber wird aufgesetzt erst am Ende des nächsten Schrittes, es schwingt also fort während des ganzen nächsten Schrittes. Durch diese Ausführung eines Theiles seiner Schwingung während des vorhergehenden Schrittes wird die Schrittdauer kürzer als die mit dem Laufen verbundene Schwingungszeit des Beines. Die kräftigen Streckungen erfordern stärkere Biegungen des Beines, wenn der Fusspunkt senkrecht unter dem Schenkelkopf steht, letzterer wird also tiefer getragen als beim Gehen. Die Wurfbewegung geschieht in parabolischer Bahn, die zerlegt werden kann in eine horizontale und verticale Richtung, oder auch in eine steigende (Anfang) und fallende (Ende) Periode. Darauf gründet sich die Eintheilung in Eil- und Sprunglauf.

497. Eillauf.

Die senkrechten Schwankungen des Körpers sind gering, oft selbst geringer als beim Gehen. Der aktive Zustand des Beines dauert, zum Unterschied vom Gehen, kürzer als der passive. Die Schwingung des Beines wird unterbrochen, sowie dasselbe in die senkrechte Lage kommt, d. h. nach $^1/_2$ Pendelbewegung. Fig. 131 zeigt: dass der aktive Zustand (*a*) und

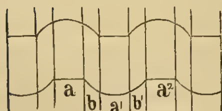


Fig. 131.

der passive (b, a', b') eines Beines gerade ausfüllen die Zeit eines Doppelschrittes; ferner, dass die Schrittdauer zerfällt in die längere Periode (a) des Stützens, während welcher der Körper auf einem Bein ruht, und die kürzere (b) des Schwebens beider Beine. W. und Ed. Weber erhielten folgende Mittelwerthe bei verschiedenen Laufgeschwindigkeiten:

	Schrittdauer in Secunden:	Schrittlänge in Millimetern:	Secundengeschwindigkeit in Millimetern:
1)	0,262	1670	6380
2)	0,268	1542	5745
3)	0,292	1284	4383
4)	0,314	1138	3623
5)	0,326	934	2862
6)	0,303	718	2367
7)	0,304	519	1706
8)	0,305	416	1364
9)	0,301	315	1047.

Schnellläufer bewegen sich mit einer Secundengeschwindigkeit von 4½ bis selbst 9 Metern.

Aus der Tabelle folgt: 1) die Schrittlängen, also auch die Excursionsweiten des schwingenden Beines wachsen sehr bedeutend mit zunehmenden Geschwindigkeiten. Je grösser die letzteren, desto tiefer wird der Schenkelkopf getragen, desto mehr ist das stemmende Bein gebogen, desto stärker können dessen Streckmuskeln wirken, desto grösser also die Schrittlängen werden. Eine übermässige Steigerung der Streckkräfte würde zwar die Wurfbewegung bedeutend verstärken, aber das Herabfallen würde mehr Zeit fordern, als die Schrittdauer gestattet. Dadurch ist auch dem Eillauf ein Maximum (Zeile 1 obiger Tabelle) gesetzt: etwa das Dreifache des allerschnellsten Gehens. 2) Die Schrittdauern aber sind bei verschiedenen Laufgeschwindigkeiten sehr viel weniger verschieden; sie sind nie grösser als die Zeiten von ½ Pendelschwingung. 3) Es giebt Laufgeschwindigkeiten (Zeile 7—9 der Tabelle), die geringer sind, andere, die grösser sind (Zeile 1—5) als die grösste Gehgeschwindigkeit (ungefähr in Zeile 6). Also kommt ein Punkt, wo die Geschwindigkeiten des Gehens und Laufens gleich sind. Dann aber ist überhaupt kein Unterschied zwischen beiden Fortbewegungsweisen mehr vorhanden, denn die Längen und Dauern der Schritte sind nun in beiden Fällen gleich. Es muss also beim allerschnellsten Gehen die Zeit, wo beide Beine stehen, oder bei der fraglichen Geschwindigkeit des Laufens die Zeit, wo beide Beine schweben, = 0 geworden sein. 4) Fig. 131 zeigt, dass die Zeit der Pendelschwingung beim Laufen = ist der Dauer eines Eilschrittes ($a' + b'$ obere Reihe) plus der Zeit (b), wo beide Beine schweben. Also ergänzen sich beide Zeiten beim Laufen, dasselbe sei schnell oder langsam, immer zur Dauer von ½ Pendelschwingung. Desshalb ist die längste Schrittdauer beim Laufen ungefähr in Zeile 6 der Tabelle, da hier die Zeit des Schwebens beider Beine (b oder b') = 0 ist. 5) Abwärts und aufwärts von diesem Punkt nehmen die Zeiten, wo beide Beine schweben, immer mehr zu. Wird nämlich α) das Laufen zunehmend langsamer als das schnellste Gehen, so wird der Schenkel-

kopf immer höher getragen, das stemmende Bein also durch den geworfenen Rumpf immer früher vom Boden erhoben, also der Zeitraum zwischen Heben des stemmenden Beines und Auftreten des anderen auf den Boden (d. h. der Zeitraum b) immer mehr vergrössert. Wird dagegen *β)* das Laufen zunehmend schneller als das schnellste Gehen, so wird der Schenkelkopf immer niederer getragen, die Streckkräfte wirken immer stärker, die Wurfbewegung nach vorwärts nimmt immer mehr zu, das stemmende Bein wird also immer früher vom Boden erhoben und kann zunehmend länger mit dem vorderen Bein gleichzeitig schwingen.

498. Sprunglauf.

Der Körper erhält grössere Wurfbewegungen, desshalb können 1) die Schritte länger sein als beim Eillauf, wogegen 2) die Erhebungen vom Boden immer grösser sind als bei letzterem. Zum Herabfallen braucht aber der Körper mehr Zeit, die Schrittdauern sind also grösser. Daraus folgt weiter, dass das schwingende Bein nicht dann schon aufgesetzt werden kann, wenn sein Fuss senkrecht unter dem Schenkelkopf steht, es schwingt also weiter nach vorn; hat es seine grösste Excursionsweite erreicht (d. h. eine ganze Pendelschwingung vollbracht), so wird sein Fuss aufgesetzt. Der Rumpf und obere Theil des aufgesetzten Beines bewegen sich aber noch weiter nach vorn, bis der Schenkelkopf senkrecht steht über dem Fuss. Jetzt erst kann dieses Bein stützen, (beim Eillauf dagegen stützt das aufgesetzte Bein sogleich). Während eines Doppelschrittes macht das Bein sämmliche Zustände durch: 1) Stemmung (Fig. 132, obere Reihe *a*), 2) ganze Schwingung (*b-c-d-e*), 3) Bodenberührung ohne Stemmung (*f* mit .... angedeutet). Die Schrittdauer wird ausgefüllt durch 1) Stemmung, 2) gleichzeitige Schwingung beider Beine, 3) Schwingung eines Beines, Aufsetzen (ohne Stemmen) des andern (also *a*, *b*, *c* der Figur). Die Figur zeigt, dass Schrittdauer plus der Zeit des Schwebens beider Beine = sind der Schwingungszeit eines Beines, also ist die Schrittdauer kleiner als eine ganze Pendelschwingung. Die Zeit des Stemmens kann nur sehr kurz sein, da die Streckungen sehr schnell vollbracht werden, um starke Wurfbewegungen zu erreichen. Während des Stemmens wird der Schenkelkopf vorwärts bewegt, der stemmende Fuss zeigt also am Ende des Stemmens einen gewissen Horizontalabstand vom Schenkelkopf. Während des Schwingens schwingt der Fuss so vorwärts, dass er zuletzt ebenso weit vom Schenkelkopf vorn absteht, als er zu Anfang des Schwingens hinter ihm war. Am Ende aber des dritten Zeitraumes muss der Schenkelkopf senkrecht über dem Fuss stehen, also dieselbe Horizontaldimension durchlaufen wie in der ersten Zeit; die 1. und 3. Zeit müssen somit nahezu gleich sein.

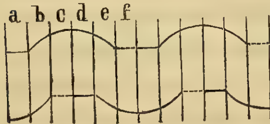


Fig. 132.

Der Sprunglauf macht weniger athemlos als der Eillauf und wird desshalb öfters zwischen letzteren eingeschoben. Beim Eillauf kann der Körper nicht

sogleich angehalten werden, wohl aber beim Sprunglauf, der desshalb auch beim Bergablaufen gewählt wird. Die Grössen der aufeinander folgenden Sprünge können beim Sprunglauf besser abgeändert werden, desshalb seine Anwendung, wenn wir bestimmte Bodenstellen berühren wollen, die für die Gehschritte zu weit entfernt sind.

Die Brüder Weber erhielten folgende Werthe:

Schrittdauer in Secunden:	Schrittlänge	Secunden-geschwindigkeit
	in Millimetern:	
0,460	1243	2702
0,468	1578	3372
0,455	1688	3710
0,411	1809	4402
0,404	1977	4894.

499. Methodik der Untersuchung des Gehens.

Die Versuche werden ausgeführt auf einem horizontalen, vor Wind geschützten Weg. Der schnelle Wechsel der Bewegungen beim Gehen macht die direkte Untersuchung der Einzelschritte oder gar der Einzelperioden jedes Schrittes fast unmöglich. Die Gebrüder Weber griffen desshalb zu dem Mittel der vielfach wiederholten Beobachtung, und die meisten ihrer Angaben beziehen sich auf Durchschnittswerthe. Die mittlere Schrittlänge ist der Quotient der Schrittzahlen in die Weglänge; die mittlere Schrittdauer der Quotient der Schrittzahlen in die zum Durchlaufen des ganzen Weges nöthige Zeit. Mittlere Schwingungsdauer des Beins: während eines Doppelschrittes schwingt ein Bein 1 mal und steht 1 mal (Fig. 129); zieht man von der bekannten 2 fachen Schrittdauer ab die Zeit des Stehens, so erhält man die Schwingungszeit. Zeit des Stehens: der Fuss muss ein in den Boden gelassenes bewegliches Brett schwach niederdrücken, so lang er aufsteht. Die Dauer des Niederdrückens ist auf verschiedene Weise messbar, am besten wohl durch Anschreibenlassen auf das Kymographion. Zeit (des Gehens) wo beide Beine stehen: Die Schrittdauer plus der Zeit, wo beide Beine stehen, ist = Zeit, wo ein und dasselbe Bein steht (Fig. 130).

Fussverlängerung beim Strecken: Ein Faden wird befestigt am vordern Sohlenrand des Fusses und am Trochanter major mit zwei Fingern bei mässiger Spannung gehalten. Dann geht man gleichmässig. Die Verlängerung wird angegeben durch das Stück Faden, das zwischen den Fingern vorgezogen wurde. Verticalbewegungen des Körpers. Man merkt sich einen Punkt am Rumpf des Gehenden und bestimmt dessen höchsten und niedersten Stand mit dem Fernrohr. Das selbstregistrirende graphische Verfahren dürfte zur Untersuchung des Gehens besonders zu empfehlen sein.

XXIV. Stimme.

A. Physikalische Einleitung.

500. Musikalische Apparate überhaupt.

Die laute Stimme besteht in Tönen von musikalischem Werth. Man hat desshalb von jeher nach Analogieen geforscht zwischen dem als Stimmorgan dienenden Kehlkopf und gewissen musikalischen Instrumenten. Viele Erscheinungen an letzteren sind, eben weil sie die mannigfaltigsten willkürlichen Veränderungen ihrer akustischen Grundbedingungen zulassen, genügend erklärt. Diese Apparate bieten desshalb die passendsten Grundlagen zur Theorie der Stimmbildung selbst, sodass wir auf dieselben kurz eingehen müssen, indem der Anfänger nicht einfach auf die betreffenden Lehrsätze der Physik verwiesen werden kann. Auch hier wiederholt sich eine Erscheinung, die uns ganz ausnahmslos entgegentritt, wenn wir Leistungen des Organismus mit verwandten Leistungen mechanischer und physikalischer Apparate vergleichen, die grosse Ueberlegenheit nämlich des menschlichen Stimmorganes, des anerkannt ersten musikalischen Werkzeuges, gegenüber den Instrumenten der Tonkunst. Ein kompendiöses Organ ist ausgestattet mit den mannigfaltigsten Mitteln zur Veränderung der Höhe, Qualität, Stärke u. s. w. der Töne und mit so zahlreichen und zuverlässigen Compensationseinrichtungen, wie es der starre Mechanismus der musikalischen Instrumente nicht entfernt gestattet. Und gleichwohl ist die Produktion der Stimme nur *eine* Funktion der betreffenden Organe, welche namentlich beim Sprechen, dem Athemprocess, theilweise sogar bei der Nahrungsaufnahme eine wichtige Rolle spielen.

Die Tonapparate zerfallen in Saiteninstrumente und Blasinstrumente.

501. Saiteninstrumente.

Das primär Tönende sind hier Schwingungen gespannter Saiten. Die Saiten geben an und für sich nur schwache Töne; werden sie aber mit Resonanzapparaten in Verbindung gebracht, so gerathen die letzteren in isochrone Schwingungen, welche den primären Ton bedeutend verstärken. Als Resonatoren werden, und zwar meistens gleichzeitig, benützt: I) Feste Körper von passendem Material und passender Form. Unerlässlich ist eine gewisse Elasticität derselben; weichere Körper von geringen Spannungsgraden sind schlechte oder keine Resonatoren. II) Eingeschlossene Luftmassen; diese verstärken den Ton, indem sie in stehende Schwingungen gerathen. Die wichtigsten Aenderungsmittel der Tonhöhen sind: 1) *Saitenlänge.* Eine in ihrer ganzen Länge schwingende Saite giebt ihren tiefsten Ton (Grundton). Wird die Saite durch eine Unterlage halbirt in zwei, für sich schwingende Systeme, so erhält man die Oktave des Grundtons u. s. w.

Demgemäss benützt die Musik zur Produktion der verschiedenen Tonhöhen entweder verschieden lange Saiten (Klavier z. B.), oder sie verändert die Saitenlänge durch Andrücken der Saiten auf eine Unterlage (Violine z. B.). 2) Spannung der Saite. Je mehr eine Saite gespannt wird, desto stärker ist ihre bewegende Kraft, desto schneller schwingt sie, desto höher also ist ihr Ton. Um bei einer durch ein Gewicht gespannten Saite den Ton um 1 Oktave, also die Schwingungszahlen um das Doppelte zu erhöhen, muss das angehängte Gewicht 4 mal stärker sein. Die Schwingungszahlen sind daher proportional den Quadratwurzeln der Spannungen. 3) Dicke der Saiten. Dickere Saiten geben tiefere Töne, und zwar verhalten sich die Schwingungszahlen, alles Uebrige gleichgesetzt, umgekehrt wie die Durchmesser der Saiten.

502. Blasinstrumente.

Hier ist das wesentlich Tönende die Luft selbst. Die Schwingungen derselben werden erzeugt und unterhalten von Luftstössen (Ausathmungsluft oder Blasbalg), welche, von einem »Mundstück« aus, eine von einer Röhre (»Ansatzrohr«) eingeschlossene Luftsäule in Vibrationen versetzen. Am andern Ende kann die Röhre offen sein oder gedeckt; die Wände derselben schwingen mit, doch sind diese Schwingungen nur von Einfluss auf die Qualität der Töne. Hierher gehören z. B. die Flötenwerke. Eine kleine Vertiefung, über deren Oeffnung man mit dem Mund (Mundstück) wegbläst, stellt den allereinfachsten Typus eines Blasinstrumentes dar.

Der Stoss vom Mundstück aus bewirkt ein momentanes Zurückdrängen der Lufttheilchen am Anfang des Ansatzrohres und, vermöge der Elasticität der Theilchen, ein ebenso schnelles Wiederkehren derselben an den früheren Ort. Ein solcher Hin- und Hergang heisst eine ganze Schwingung. Die Luft erleidet also am Anfang des Ansatzrohres schnell wechselnde Verdichtungen und Verdünnungen, welche, nach dem Typus der Wellenbewegung, gegen das Ende des Rohres rasch fortschreiten. Diese Bewegungen werden aber reflektirt, und zwar am Ende des Rohres, wenn dasselbe gedeckt ist, oder erst in der Luft, wenn das Rohr offen ist. Die reflektirten Wellen kreuzen sich mit den durch das Anblasen veranlassten direkten, vom Mundstück gegen das Röhrenende fortschreitenden, Wellen. Diese Interferenzen verursachen stehende (339) Wellen von gehöriger Stärke, d. h. hinreichenden Excursionsweiten der schwingenden Lufttheilchen, um von uns als Töne wahrgenommen werden zu können.

Die Schwingungen werden, dem Gesagten zufolge, bei den Flötenwerken erzeugt durch den Luftstrom des Mundstücks, der sich am Rand des Ansatzrohres bricht; demnach geht hier kein Luftstrom durch das Rohr, sondern es geräth bloss die in letzterem eingeschlossene Luftsäule in Schwingungen.

503. Tonhöhen der Blasinstrumente.

Von hauptsächlichstem Einfluss auf die Tonhöhen sind die Dimensionen des Ansatzrohres (Querschnitt, namentlich aber Länge der Luftsäule) und die Windstärke (Spannung der vibrirenden Lufttheilchen).

I. Röhrenlänge. Der Einfluss derselben auf die Tonhöhe wird zunächst ersichtlich, wenn man die eingeschlossene Luft durch einen, vor das eine Ende der Röhre gehaltenen tönenden Körper, z. B. eine Stimmgabel, in Mitschwingungen versetzt. Der Ton der Gabel wird dann (durch Resonanz) wesentlich verstärkt. Dieses »Mittönen« geschieht im stärksten Grade, wenn die Länge der Luftsäule in bestimmten Verhältnissen steht zur Wellenlänge des einfallenden Tones, was die Akustik aus der Interferenz der direkten und der reflektirten Luftwellen erklärt. Der einfallende Ton wird nämlich verstärkt von solchen gedeckten Röhren, deren Länge $^1/_4$, $^3/_4$, $^5/_4$ u. s. w. der Wellenlänge dieses Tones beträgt; sowie von solchen offenen Röhren, deren Längen $^2/_4$, $^4/_4$, $^6/_4$ u. s. w. der Wellenlänge dieses Tones ausmacht (334).

Soll ein Luftstoss die von einer Röhre eingeschlossene Luftsäule in stehende Schwingungen, also zum »Selbsttönen« bringen, so muss die Röhre wiederum gewisse Dimensionen haben. Der tiefste Ton (Grundton), den irgend eine gedeckte Röhre gibt, ist nach Obigem derjenige, bei welchem ihre Luftsäule als Viertelswelle schwingt. Die Wellenlängen zweier Töne verhalten sich aber umgekehrt wie deren Schwingungszahlen, also stehen auch die Schwingungszahlen im umgekehrten Verhältniss zu den Röhrenlängen. Die Töne werden desshalb um so höher, je kürzer die Röhren sind.

II. Stärke des Anblasens. Je kräftiger das Anblasen, desto stärker die Spannung der tönenden Luftsäule, desto schneller deren Schwingungen, desto kürzer die Wellenlängen, desto höher die Töne. Desshalb giebt eine Röhre, ausser ihrem Grundton, noch andere Töne. Durch successiv verstärktes Blasen erhält man Töne, deren Schwingungszahlen sich bei gedeckten Röhren verhalten wie 1, 3, 5 u. s. w.; bei offenen dagegen wie 1, 2, 3, 4, 5, 6 u. s. w.

504. Zungenwerke überhaupt.

Bei dieser Abart von Blasinstrumenten wird der Luftstrom durch einen schwingenden elastischen Körper, die »Zunge«, bald geöffnet, bald geschlossen. Die Haupttheile eines Zungenwerkes sind: 1) Windrohr, durch welches, wie beim Mundstück der Blasinstrumente, der Luftstrom zugeführt wird. 2) Zunge, ein schwingungsfähiger Körper, verschieden an Form, Grösse und Material, und so gestellt, dass er durch den Luftstrom in Schwingungen gerathen kann. Für uns ist zunächst wichtig die Unterscheidung der Zungen in starre, z. B. aus Metall, und membranöse. 3) Ansatzrohr (Corpus), eine irgendwie gestaltete Röhre über der Zunge, deren eingeschlossene Luftsäule in Schwingungen versetzt wird.

Der einfachste Apparat der Art ist ein rechteckiges Metallplättchen, dessen eines Ende in einen Rahmen eingefügt ist. Der Luftstoss wird bewerkstelligt durch den, als Windrohr wirkenden Mund; ein Ansatzrohr ist nicht vorhanden. Die Mundharmonika besteht aus einer Anzahl solcher Plättchen; Clarinette, Oboe, Fagott aus einer, in ein Windrohr (Mundstück) eingesetzten Zunge und einem längern Ansatzrohr, das seitlich mit Löchern versehen ist. Beim Waldhorn, der Trompete und Posaune dienen die menschlichen Lippen als Zungen.

505. Tonentstehung in Zungenwerken.

Zur Erklärung der Tonbildung in diesen Instrumenten müssen die Leistungen der vibrirenden Zungen vorausgeschickt werden. Die Zunge ist so gestellt, dass sie in ihrer Gleichgewichtslage der Luft des Windrohrs nur eine kleine oder gar keine Durchgangsöffnung gestattet. Desshalb muss der Luftstrom anstossen an die Zunge. Diese aber ist nachgiebig befestigt und weicht aus in der Richtung des Ansatzrohres. Das Ausweichen geschieht mit anfangs grosser, später immer mehr abnehmender Geschwindigkeit; letzteres aus 2 Gründen, indem 1) die Elasticität der Zunge immer mehr in Anspruch genommen und 2) die Durchgangsöffnung neben der Zunge immer grösser, das Hinderniss für das Austreten der Luft zunehmend kleiner und demgemäss auch der zur Bewegung der Zunge verwendete Antheil des Luftstromes immer geringer wird. Die Zunge geht desshalb wieder zurück, wir nehmen der Einfachheit wegen an, bloss bis zu ihrer früheren Gleichgewichtslage und nicht über dieselbe hinaus. Im Verlauf der Rückschwingung wird die Spalte zunehmend enger, desshalb wächst der Einfluss des der Rückschwingung entgegenwirkenden Luftstroms des Windrohres immer mehr. Die Luft tritt demnach aus dem Windrohr, wenn die Zunge erhoben ist und wird am Austritt gehemmt, wenn die Zunge ihre Gleichgewichtslage eingenommen hat. Dieses Wechselspiel erfolgt schnell. Die gespannte Luft des Windrohres muss also der über der Zunge befindlichen, minder gespannten, Luftsäule des Ansatzrohres periodische Stösse ertheilen, wie die Stösse der Sirene Cagniard-Latour's. Der Ton entsteht demnach im Wesentlichen in derselben Weise, wie in den übrigen Blasinstrumenten, d. h. durch Bildung stehender Schwingungen im Ansatzrohr.

Die Luft dient also im Zungenwerk nicht bloss dazu, um die Zunge in Bewegung zu setzen, wie der Violinbogen die Saite; sondern sie ist das wesentlich Tönende. Die Zunge selbst regulirt, nach der gewöhnlichen Annahme, bloss die Periodicität des Ausströmens der Luft. Andern zufolge sind dagegen die Schwingungen der Zunge, wie bei Saiteninstrumenten, das Wesentliche; die periodischen Luftstösse aber nur Verstärkungsmittel der Töne.

506. Zungenwerke mit starren Zungen.

Fehlt das Ansatzrohr über der Zunge, so hängt die Tonhöhe ab: 1) von der Elasticitätsgrösse und 2) der Länge der Zunge. Jede Zunge giebt nämlich einen bestimmten Eigenton, der, wie bei elastischen Stäben überhaupt, mit zunehmender Verkürzung der Zunge immer höher wird.

Die Schwingungszahlen verhalten sich umgekehrt wie die Quadrate der Zungenlängen. Wird also die Zunge um die Hälfte verkürzt, so schwingt sie 4mal schneller; ihr Ton steigt somit um 2 Octaven.

Setzt man aber ein Corpus an, so wird der ursprügliche Ton der Zunge verändert, gemäss dem allgemeinen akustischen Gesetz, dass mehrere Körper, von denen jeder für sich einen besonderen Eigenton gibt, wenn sie zu Einem System vereint werden, ihre Schwingungen so modificiren, dass nur ein einziger Ton entsteht. Die Zunge und die Luftsäule des Corpus influiren sich desshalb

gegenseitig (W. Weber). Hat das Corpus nur eine mässige Länge, so wird der Ton nicht merklich verändert; mit allmäliger Verlängerung aber des Corpus vertieft sich der Ton und zwar anfangs langsamer, später schneller. Endlich kommt ein Punkt, wo der Ton auf die nächst niedere Oktave gesunken ist; jetzt ist das Corpus so lang, dass seine Luftsäule denselben Ton giebt wie der Apparat ohne Corpus. Wird das Corpus noch mehr verlängert, so entsteht wiederum der ursprüngliche Ton (ohne Corpus); weitere Verlängerungen vertiefen den Ton ebenfalls, aber nur um eine Quart u. s. w.

Die Stärke des Anblasens ist zunächst von Einfluss auf die Stärke des Tones; unter Umständen, die in allgemeiner Kürze nicht erörtert werden können, auch auf dessen Höhe.

507. Einfache Zungenwerke mit membranösen Zungen.

Die, physiologisch besonders wichtigen, membranösen Zungen, deren Gesetze J. Müller untersuchte, sind natürlich erst schwingungsfähig, wenn sie gespannt werden. Ein einfacher Apparat besteht in einem Rohr (Fig. 133), dessen eines Ende mit einer Membran verdeckt ist, die in der Mitte eine feine Spalte hat.



Fig. 133.

Töne gelingen im Allgemeinen leichter bei engerer Spalte; doch ist die Weite der letzteren ohne Einfluss auf die Tonhöhe. Während die starren Zungen hinsichtlich ihrer Tonveränderungsmittel sich verhalten wie elastische Stäbe, gehorchen die membranösen Zungen im Allgemeinen denselben Gesetzen wie gespannte Saiten (501). Länge, Spannung und Dicke der Zungen sind demnach zunächst von Einfluss auf die Tonhöhe. Berührt man die Zunge an einer Stelle mit einem festen Körper, so entsteht ein Schwingungsknoten (wie bei einer, durch eine Unterlage getheilten Saite) und der Ton wird bedeutend erhöht. Stärkeres Blasen bewirkt gleichfalls einiges Steigen des Tones.

Auch die ungleiche Spannung der die Spalte begrenzenden beiden Membranen, ein Verhältniss, das möglicherweis in den Stimmbändern sich wiederholen kann, ist von Einfluss auf den Ton. Entweder schwingt nur eine Membran: diejenige nämlich, welche (bei der gegebenen Stärke des Luftstroms) die schwingungsfähigere ist, oder es schwingen beide. In letzterem Fall entstehen entweder zwei verschiedene Töne, oder es tritt, in Folge einer Accommodation nur ein Ton auf.

508. Zusammengesetzte membranöse Zungenwerke.

Der Ansatz eines Corpus verwickelt auch hier wiederum die Bedingungen der Tonentstehung. Verlängert man das Corpus allmälig, so wird der Ton tiefer und zwar fällt er nach und nach durch alle halben Töne, jedoch nicht bis zur nächstniederen Oktave. Bei einer bestimmten Verlängerung (wenn nämlich der Grundton des Corpus dem Grundton des Zungenwerkes ohne Corpus sich nähert) springt der Ton wieder zurück zum Grundton der »Zunge«. Nach wei-

terer Verlängerung des Corpus sinkt der Ton wieder u. s. w. (J. Müller). Diese Erscheinungen weichen also nicht wesentlich ab von analogen der Zungenwerke mit starren Zungen. Auf die Ausnahmen von obiger Regel kann nicht eingegangen werden. Die Verlängerung des Windrohres hat ähnliche Wirkungen auf die Tonhöhe, wie die zunehmende Corpuslänge. Nach Rinne wird der Einfluss der Corpus- und Windrohrlänge besonders deutlich 1) bei Ungleichheit der Spannung beider Membranen und 2) bei Verhinderung der Schwingungen der Aussenränder der Membranen, d. h. je schmaler die, die Spalte begrenzenden, schwingenden Innenränder beider Zungen werden.

Bringt man an der Endöffnung des Corpus einen zunehmend grösseren Verschluss an, so sinkt der Ton und zwar selbst bis zur Quinte. Verstärkung des Anblasens erhöht den Ton und zwar sehr viel mehr als bei einfachen Zungenwerken ohne Corpus.

Die zusammengesetzten Zungenwerke mit membranösen Zungen weichen nicht bloss von den zusammengesetzten Zungenwerken mit starren Zungen bezüglich der Normen der Tongebung, sondern auch vom Kehlkopf (s. weiter unten) in manchen Punkten wesentlich ab.

B. Physiologischer Theil.

509. Versuchsmethode am todten Stimmorgan.

Schon durch Ferrein (1741), ganz vorzugsweise aber von Joh. Müller, welchem Harless, Rinne und Merkel nachfolgten, wurden die Leistungen der Einzelbestandtheile des Stimmapparates unmittelbar am auspräparirten Kehlkopf erforscht. Der Luftstrom wird bewerkstelligt durch einen Blasbalg oder die Ausathmungsluft des Experimentators selbst, und mittelst eines, in die Luftröhre eingebundenen Rohres *r* (Fig. 134) dem Kehlkopf zugeleitet. Zur Regulirung und Bestimmung der Stärke des Anblasens ist in das Rohr *r* ein Manometer *m* eingesetzt. Zur Herstellung der, für die Stimmbildung nothwendigen Verengerung der Stimmritze sticht man eine Nadel durch die Basis beider Giesskannenknorpel und presst die letzteren aneinander mittelst der umschlungenen Naht. Die Hinterwand des Kehlkopfes wird an einem senkrechten Stab befestigt. Zur Spannung der Stimmbänder dient eine Schnur, welche den Schildknorpel nach vorwärts und abwärts zieht; sie wird am Winkel des Schildknorpels befestigt, über eine Rolle geschlagen und mit einer Wagschale (*w*) versehen.

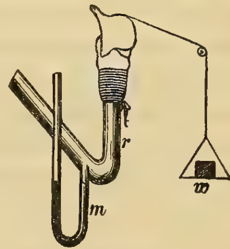


Fig. 134.

Unter Umständen lässt man den Kehlkopf in der normalen Verbindung mit den über ihm liegenden Theilen. Man regulirt dabei den Luftstrom in der oben angegebenen Weise und sorgt durch Mechanismen, die hier nicht erwähnt werden können, für die gehörige Enge der Stimmritze und die erforderliche Spannung der Stimmbänder.

Diese Vorrichtungen, oder selbst ganz einfache schematische Apparate, in welchen die Stimmbänder durch gespannte Kautschukplatten ersetzt sind, dienen zur Demonstration der Grunderscheinungen der Stimmbildung. Die Töne des todten Kehlkopfs haben denselben, ja sogar einen grösseren Umfang als diejenigen des lebenden von etwa gleichen Dimensionen; der Klang der Töne ist aber, wie schon die veränderte Elasticität der Theile erwarten lässt, ein anderer, sowie auch Töne producirbar sind unter Nebenbedingungen, wie sie im Organismus entschieden niemals vorhanden sein können. Namentlich aber ist die Mechanik der Bänderspannung im lebenden Kehlkopf eine ganz andere.

510. Beobachtungen am lebenden Kehlkopf.

Vivisectionen, Blosslegung der Stimmbänder, Durchscheidungen oder Reizungen der Kehlkopfnerven u. s. w. haben schon längst werthvolle Aufschlüsse verschafft über gewisse Fragen der Physiologie der Stimme; dessgleichen einzelne Fälle penetrirender Halsschnittwunden an Menschen, in welchen z. B. die Schwingungen der Stimmbänder, die Formen der Stimmritze bei der Tongebung direkt beobachtet werden konnten. Der Gesanglehrer Garcia hat einen Kehlkopfspiegel construirt, zur Untersuchung des lebenden Stimmorgans. Das Licht der stark leuchtenden Lampe *l*, Fig. 135 fällt auf den, an einem Stativ befestigten Spiegel *s*, welcher es auf den, durch den weitgeöffneten Mund in den Pharynx gebrachten, mit einer passenden Handhabe versehenen, Metallspiegel *k* reflektirt. Dieser wirft das Licht nach abwärts auf den Kehlkopf. Die vom beleuchteten Kehlkopf theilweis zurückgeworfenen Strahlen treffen wieder den Kehlkopfspiegel *k*, welcher sie gegen den Beleuchtungsspiegel *s* wirft. Dieser aber ist in der Mitte durchbohrt und der Beobachter fängt (wie beim Augenspiegel, 412) einen Theil der Strahlen auf. Das Einführen des Spiegels in den Pharynx wird von Einzelnen ohne alle Beschwerden, Würgbewegungen u. dgl. ertragen. Mittelst des Spiegels können der Zungengrund, der freie Rand und die untere Fläche des Kehldeckels, die Giesskannenknorpel, die Stimmbänder fast in ihrem ganzen Verlauf, ein Stück der Schleimhaut der Luftröhre, ja sogar die Theilungsstelle der letzteren, betrachtet werden.

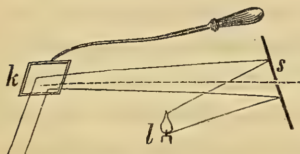


Fig. 135.

Beim ruhigen Athmen verändert die ziemlich weit geöffnete Glottis ihre Breite nicht (Garcia). Der Kehldeckel verbirgt aber den Anblick der Theile. Giebt man jedoch einigemal ä, e oder i an, so richtet sich der Kehldeckel in die Höhe und man hat dann, wenn ruhig fortgeathmet wird, nach Czermak den Anblick der Fig. 136. Beim hastigen und angestrengten Einathmen aber entfernen sich die Stimmbänder von einander, um während der Ausathmung sich wieder mehr zu nähern.

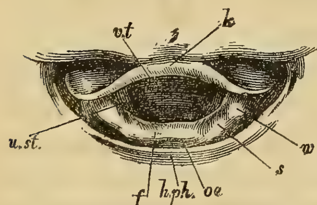


Fig. 136.

Zungenbasis (*z*), Kehldeckel (*k*), hintere Pharynxwand (*h. ph.*), Oesophagus (*oe*), unteres Stimmband (*u. st.*), Stelle des Santorin'schen Knorpels (*s*), die Schleimhautfalte (*f*)

zwischen beiden, weit von einander abstehenden Giesskannen. Stelle des Wrisberg'schen Knorpels (*w*), vordere Trachealwand (*v. t.*).

Die Zeichnung ist nach einem einfachen Spiegelbild entworfen; die Theile rechts von der Mittellinie entsprechen also der linken Seite des Beobachteten und umgekehrt. Was oben erscheint, liegt in der Wirklichkeit nach vorn; was unten, nach hinten; alles Aenderungen, die wegen der Symmetrie der Theile ohne Bedeutung sind.

511. Grundbedingung der Stimmgebung.

Keine Klasse musikalischer Instrumente bietet, wie besonders Joh. Müller ausgeführt hat, grössere Aehnlichkeiten mit dem, in manchen Beziehungen allerdings isolirt dastehenden, menschlichen Stimmorgan, als die sog. Zungenwerke. Der gesammte Stimmapparat zerfällt demnach in drei musikalische Haupttheile: 1) Windrohr: Bronchien und Luftröhre. 2) Zungen: die beiden (unteren) Stimmbänder. 3) Ansatzrohr: Dieses wird gebildet von allen Theilen oberhalb der Stimmbänder, also den oberen Theilen des Kehlkopfes (Morgagni'sche Taschen, sog. obere Stimmbänder), Schlund-, Mund- und Nasenhöhle.

Die Stimmbildung beruht auf folgendem Vorgang. Die Luftröhre führt die unter einem gewissen Druck stehende Ausathmungsluft gegen die mehr oder weniger gespannten, also schwingungsfähigen, Stimmbänder, die jedoch für sich keine oder höchstens ganz schwache Töne geben. Die Bänder treten einander von beiden Seiten her entgegen und verwandeln die Glottis in eine feine Spalte, welche dem Luftaustritt Hindernisse entgegensetzt. Dadurch wird eine zu schnelle Entleerung des Luftvorrathes verhindert und die Möglichkeit gewährt: 1) den Ton längere Zeit anzuhalten und 2) der Luft des Windrohres durch den Druck der Exspirationsmuskulatur eine bestimmte Spannung zu ertheilen.

Der Luftstoss drängt die Stimmbänder in die Höhe und etwas auseinander; bei ihrer Rückschwingung verengern wiederum die Bänder die Stimmritze mehr oder weniger. Desshalb entweicht die stärker gespannte Luft des Windrohrs in das Ansatzrohr nicht gleichmässig, sondern in periodischen, schnellen Stössen, deren Häufigkeit abhängt von den Schwingungszahlen der Stimmbänder. Diese Stösse versetzen die minder gespannte Luft des Ansatzrohres in regelmässige (stehende, also tönende) Schwingungen.

512. Spezialleistungen des Windrohres.

Eine gewisse Stärke des Anblasens ist nothwendig, selbst bei der Produktion der schwächsten Töne. In Zuständen der grössten Kraftlosigkeit der Exspirationsmuskeln geht die Stimme verloren. Cagniard-Latour untersuchte bei einem Manne, der in Folge einer Halswunde mit einer Luftröhrenfistel behaftet war, mittelst des Manometer's (158) die Spannung der Trachealluft. Sie betrug 160 Millimeter Wasserhöhe bei einem mittleren, 200 bei einem hohen Ton von gleicher Stärke; dagegen 945 M. m. bei möglichst lauter Stimm-

gebung. Der Druck der Ausathmungsluft kann innerhalb sehr weiter Grenzen von uns willkürlich regulirt werden.

Die Stimme hört sogleich auf, wenn in die Luftröhre eine Oeffnung gegebracht wird, durch welche der Luftstrom direkt nach aussen entweicht. (Halswunden; Tracheotomie der Chirurgen.)

Die Wandungen der Luftröhre und Bronchien, ganz vorzugsweise aber die von ihnen eingeschlossenen Luftmassen dienen als Resonanzapparate; sie verstärken durch Mitschwingen die Töne. Menschen mit entwickeltem Brustkorb haben darum kräftige Stimmen. Setzt man an die Trachea des auspräparirten Kehlkopfs Röhren von verschiedener Länge, so nimmt die Tonhöhe nicht wesentlich ab (J. Müller). Die Länge des Windrohrs ist also von keinem Einfluss auf die Tonhöhe, zum Unterschied von den künstlichen Zungenwerken.

Bei höhern Tönen steigt der Kehlkopf aufwärts, bei tieferen dagegen senkt er sich. Das Aufwärtssteigen vermehrt, das Senken dagegen vermindert die Spannung der Luftröhre. Stärker gespannte Membranen geben aber einen höheren und intensiveren, schwächer gespannte einen tieferen und dumpferen Eigenton. Die gespanntere Trachea dürfte desshalb durch ihre Mitschwingungen die höheren Töne verstärken (Rinne).

Dieses Aufwärtssteigen des Kehlkopfes ist vorzugsweis verursacht durch die Pressung der Luft gegen die Stimmbänder; je stärker die hohen Töne angegeben werden, desto mehr erhebt sich der Kehlkopf. Ob hierbei auch Muskeln mitwirken (M. hyothyreoideus oder selbst die Heber des Zungenbeines (?)), wie gewöhnlich angenommen wird, scheint fraglich zu sein. In der Ruhelage des Kehlkopfes werden die tieferen Töne hervorgebracht; ob der Kehlkopf beim Uebergang auf einen tiefen Ton durch aktive Muskelwirkung (M. sternothyreoideus, und (?) sternohyoideus) oder nur in Folge der nachlassenden Luftspannung sinkt, mag dahingestellt bleiben.

513. Stimmritzbildung beim Tongeben.

Selbst beim heftigsten und schnellsten Ausathmen entstehen keine, der Stimme irgendwie vergleichbaren Töne, sondern nur blasende oder keuchende Geräusche in Folge der Reibung der Luft im Kehlkopf und an anderen Stellen der Luftwege. Tonbildung ist immer nur möglich, wenn der Luftstrom regelmässig unterbrochen wird durch die schwingenden Stimmbänder. Diese Grundbedingung verlangt, wie gesagt, die Herstellung einer feinen Stimmritze.

Am todten Kehlkopf kann man, nach Abtragen der unteren Bänder, mittelst der oberen keine Töne erhalten (Joh. Müller). Bei höheren Tönen nähern sich nach Garcia, zwar auch die oberen Bänder einander, doch niemals in dem Grade, dass dadurch ein zur Tonbildung erforderliches Lufthinderniss hergestellt würde.

Der luftdichte Stimmritzverschluss (beim Drängen, Abschlucken) wird nach Czermak durch einen 3fachen Mechanismus besorgt: die obern und untern Stimmbänder stossen in der Medianlinie an einander und nähern sich zugleich so, dass die Morgagni'schen Taschen verschwinden. Der Kehldeckel wird (durch seine eigenen Muskeln) auf die geschlossene Glottis fest aufgedrückt.

Nach Entfernung der oberen Bänder gibt das Kehlkopfpräparat immer noch mit Leichtigkeit Töne, allerdings von etwas anderem Klang. Ebensowenig wird, nach Versuchen an Thieren oder zufälligen Erfahrungen an Menschen mit Hals-

wunden, die Tonhöhe verändert nach Verstümmelung der oberen Bänder. Die unteren Bänder sind demnach unentbehrlich zur Tonerzeugung; sie allein verdienen den Namen Stimmbänder.

Beim Tonangeben wird der hintere, von den Giesskannen eingeschlossene, Theil der Stimmritze sehr rasch und vollständig geschlossen durch Anlagerung der inneren Flächen beider Giesskannen (Fig. 142 *g*) an einander; wogegen der vordere Theil durch Näherung der Stimmbänder in eine Spalte sich verwandelt, die mit zunehmender Tonhöhe feiner wird (Garcia). Figur 137 zeigt die Stellung der Theile, nach Czermak, bei sehr hohen schrillen Tönen. Die oberen Bänder werden jetzt auch sichtbar; die unteren sind stark gespannt.

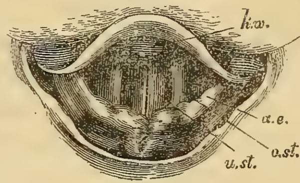


Fig. 137.

o.st. Obere, *u.st.* Untere Stimmbänder. *a. e.* Ligamentum ary-epiglotticum. *k. w.* Wulst an der Unterfläche des Kehldeckels. Die übrigen Theile sind in Fig. 136 erklärt.

Bei tiefen Tönen neigen sich die Gieskannen, sammt deren Santorinischen Knorpeln nach vorwärts unter den Rand des umgelegten Kehldeckels. Die Stimmritze entzieht sich desshalb der Beobachtung um so mehr, je tiefer der Ton ist.

514. Spannung der Stimmbänder.

Unentbehrlich für die Produktion der Stimme überhaupt ist die gehörige Spannung und Elasticität der Stimmbänder. Ist der Schleimhautüberzug derselben entzündlich geschwellt, mit zähen und dicken Schleimmassen belegt, oder finden Infiltrationen der Bänder mit pathologischen Ausschwitzungsmassen statt, so sind regelrechte Schwingungen nicht mehr möglich. Die Tongebung ist dann mehr oder weniger gehindert, die Töne werden rauh, unangenehm, tiefer; in höheren Graden tritt völlige Stimmlosigkeit ein.

Ausserdem ist erforderlich zur Produktion eines Tones von bestimmter Höhe Unverrückbarkeit der beiden Insertionen der Stimmbänder, d. h. gleichbleibende Länge (Spannung) derselben. Die vordere Insertion des Bandes bleibt unverrückt, wenn der Abstand des unteren Randes des Schildknorpels vom obern Rand des vorderen Theiles des Ringknorpels sich nicht ändert. Die hintere Insertion der Stimmbänder bleibt fest, wenn der (je nach der Tonhöhe verschiedene) Winkel, den die Hinterflächen der Giesskannen mit der Hinterfläche der Ringknorpelplatte bildet, sich nicht ändert.

515. Ortsbewegungen der Giesskannenknorpel.

Die Bildung und Oeffnung der Stimmritze ist verbunden mit ausgiebigen Ortsbewegungen der Giesskannenknorpel. Wir haben desshalb die Articulation

der letzteren zu betrachten. Der obere Rand der Platte des **Ringknorpels** zeigt auf beiden Seiten eine kleine ovale Gelenkfläche, die (Fig. 138) von innen und hinten (*b*), nach aussen und vorn (*a*) steil abfällt und in dieser Richtung nahezu gerade verläuft; in der zu *ab* rechtwinkligen Richtung *cd* dagegen, also von der Innenwand des Ringknorpels gegen dessen Aussenwand, ist die Gelenkfläche ziemlich stark convex. Die Gelenkfläche auf der Basis (Muskelfortsatz) des **Giesskannenknorpels** ist hohl und zwar ganz vorzugsweis nach *cd*, während für die Dimension *ab* (namentlich in der Mitte der Gelenkfläche) nahezu ein geradliniger Verlauf angenommen werden kann. Die Ortsbewegungen der Giesskanne — einseitig nach der Configuration dieser Gelenkflächen beurtheilt — wären somit 1) ein Gleiten der Giesskanne in der Richtung *b a*; mit dem Herabgleiten ist demnach verbunden eine Entfernung beider Knorpel, also Oeffnung der Stimmritze und Senkung (der hinteren Parthie) des Stimmbandes. 2) Die dazu senkrechten in der Richtung *dc* erfolgenden Bewegungen, die in eine Ein- und zugleich Vorwärts- und eine Auswärts- und zugleich Rückwärtsbewegung zerfallen. Bei letzterer senkt sich der hintere Theil des Muskelfortsatzes der Giesskanne nach rückwärts, während der vordere Theil des Stimmfortsatzes fühlhebelartig nach aufwärts und auswärts sich bewegt; die Stimmritze erweitert sich demnach.

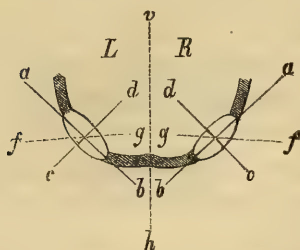


Fig. 138.

Hintere Hälfte des oberen Randes des Ringknorpels. *vh* Medianlinie, *v* vorn, *h* hinten. *L* links, *R* rechts.

Die Hauptbewegungen der Giesskannen bei der Verengerung oder Erweiterung der Stimmritze erfolgen jedoch in der Diagonale zwischen *ab* und *cd*, also **schraubenförmig** auf der Ringknorpelfläche in Richtungen mehr oder weniger parallel mit *fg*. Dadurch wird erreicht: 1) **Möglichste Breite der Stimmritze** bei der Auswärtsbewegung. Die Giesskannen weichen nämlich in der Richtung *gf*, also sehr bedeutend auseinander; die Hinterflächen der Giesskannen bewegen sich demnach nahezu in einer von rechts nach links (und von oben-vorn nach unten-hinten) verlaufenden Ebene. 2) **Beste und schnellste Verengerung** (resp. Verschluss) **der Stimmritze** bei der Einwärtsbewegung der Gieskannen. Letztere legen sich nämlich mit ihren **ganzen Innenflächen**, also auch mit den Innenflächen ihrer Stimmfortsätze **sogleich** aneinander. 3) **Grösstmöglichste Berührungen der beiderseitigen Gelenkflächen während der Stimmgebung.** Dadurch wird die so nöthige Unverrückbarkeit des jedesmaligen Stimmbandstandes ermöglicht.

Die Gelenkflächen beider Knorpel entsprechen einander allerdings nicht nach Form und Areal. Dennoch sind die Berührungen zwischen Giesskanne und Ringknorpel mehr als blosse lineare, oder gar punktförmige; welche Muskelanstrengung wäre unter letzteren Bedingungen nöthig, um die hintere Stimmbandinsertion unver-

rückt zu halten! Nach *a b*, Fig. 138, ist die Ringknorpelfläche ziemlich länger als die der Giesskanne; nach *d c* dagegen ist letztere etwas bevorzugt. Die Giesskanne scheint uns einen Abschnitt einer Schraubenhohlfläche zu bieten.

516. Stimmbänder und Tonhöhe.

I. Die Länge der Stimmbänder ist, nach 506, von grossem Einflusse auf die Stimmlage. Ihre Kürze bedingt die hohe Stimmlage des Kindes und Weibes gegenüber dem erwachsenen Manne. Bei schwingenden Membranen kommen Bildungen von Schwingungsknoten, also Theilungen in vibrirende Einzelsysteme vor; auch bei den Stimmbändern dürften solche Aliquotschwingungen zur Tonerhöhung beitragen.

II. Breite der Bänder. Die schmäleren Bänder des Weibes und Kindes geben höhere Töne, als die breiteren des Mannes.

III. Die Spannung der Bänder ist das Hauptveränderungsmittel der Tonhöhe in demselben Stimmorgan. Am todten Kehlkopf wächst die Tonhöhe mit zunehmender Bänderspannung, aber nicht so, dass die Schwingungszahlen, wie bei Saiten, den Quadratwurzeln der Spannungen proportional sind. Werden also z. B. die Bänder durch ein 4 mal stärkeres Gewicht angespannt als vorher, so steigt der Ton nicht um eine volle Oktave, sondern er bleibt um einen, ja selbst mehrere ganze Töne zurück (J. Müller). Das Resultat erklärt sich dadurch, dass das Gewicht im todten Kehlkopf nicht bloss von den Bändern, sondern auch von andern Theilen des Kehlkopfes getragen wird. Durch Vermehrung der Spannungen konnte Müller die Töne um etwa $2^1/_2$ Oktaven erhöhen und überhaupt nahezu den ganzen Umfang der Menschenstimme am todten Kehlkopf erhalten. Bei zu starker Spannung geht die Stimmbildung verloren, sowie andererseits ein gewisses Minimum der Spannung nöthig ist, wenn überhaupt ein Ton entstehen soll.

Zwei Mechanismen vermehren die Bänderspannung: 1) Die Thätigkeit des M. thyreo-arytaenoideus (518) und 2) die Verlängerung der Bänder selbst, d. h. die Entfernung ihrer beiden Insertionen. Die vordere Insertion des Stimmbandes verändert ihren Ort nicht merklich, d. h. der Abstand des unteren Schildknorpelrandes vom oberen Rand des Vordertheiles des Ringknorpels bleibt bei hohen oder tiefen Tönen nahezu derselbe, wie man sich durch Auflegen des Fingers auf das Ligamentum crico-thyreoideum medium überzeugt. Die hintere Insertion des Bandes (am Stimmfortsatz der Giesskanne) ist aber nicht fest, sie folgt den Bewegungen der Giesskanne. Bei tieferen Tönen bilden die Hinterflächen beider (aneinander gepressten) Giesskannen einen grösseren Winkel mit der Ringknorpelplatte, d. h. die Giesskannen neigen sich nach vorwärts und die Bänder werden minder gespannt, bei höheren Tönen dagegen richten sich die Giesskannen mehr auf, die hintere Stimmbandinsertion entfernt sich dadurch von der vorderen und die Bänderspannung nimmt zu.

517. Stimmritzmuskeln.

Die Darstellung der Betheiligung der Kehlkopfmuskeln an den von 513 bis 516 geschilderten Vorgängen wurde absichtlich ausgeschlossen. Wir begegnen hier vielen Widersprüchen unter den Forschern und müssen selbst auf die Motivirung des in Folgendem Vorgetragenen verzichten, indem der Gegenstand in seinen Verwickelungen unmöglich hier verfolgt werden kann. Die Hauptaufgaben der Stimmritzmuskeln sind:

I. Verengerung, resp. Verschluss der Stimmritze: der unpaare Musc. arytaenoideus transversus und die arytaenoidei obliqui. Dieselben verbinden beide Giesskannen mit einander.

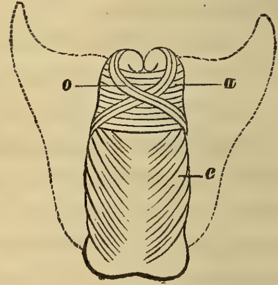


Fig. 139.

a M. arytaenoideus transversus. *o* M. arytaenoideus obliquus. *c* M. cricoarytaenoideus posticus.

II. Erweiterung, resp. Eröffnung der Stimmritze. Der M. cricoarytaenoideus posticus verläuft beiderseits von der Hinterfläche der Platte des Ringknorpels schräg nach aufwärts und auswärts an die hintere Fläche und äussere Ecke des Muskelfortsatzes der Giesskanne; er zieht diesen Fortsatz nach auswärts und rückwärts, entfernt dadurch beide Giesskannen von einander und erweitert die Stimmritze unter gleichzeitigem Heben der hinteren Insertion jedes Stimmbandes.

518. Spannmuskeln der Stimmbänder.

I. Spannung der Bänder. Die Mechanik ist wie (516) bemerkt, eine doppelte: 1) Beide Insertionen der Stimmbänder werden in einem bestimmten Abstand von einander gehalten, d. h. auf die vordere Insertion wirkt eine Zugkraft nach vorwärts, auf die hintere eine Zugkraft nach rückwärts; beide Kräfte sind aber im Gleichgewicht, sodass die Insertionen sich nicht verrücken während der Produktion eines bestimmten Tones. Der Zug nach vorwärts geschieht durch die M. m. cricothyreoidei, deren Wirkung nicht etwa darin besteht, dass sie den Schildknorpel dem Ringknorpel wirklich nähern, sondern darin, dass sie den Abstand zwischen beiden Knorpeln, also die Lage der vorderen Stimmbandinsertionen, unverrückt erhalten. Nach rückwärts werden die Stimmbänder durch die M. m. cricoarytaenoidei postici gezogen; vorausgesetzt dass beide Giesskannen durch die Stimmritzschliesser an einander gepresst sind. Ist jedes Stimmband auf diese Weise gespannt und für Fixation seiner beiden Insertionen gesorgt, so kann:

2) der M. thyreo-arytaenoideus, der von der Innenfläche des Schildknorpels innerhalb des sog. Stimmbandkörpers, rückwärts zur Giesskanne seiner Seite verläuft, durch seine Thätigkeit die Spannung des Stimmbandes vermehren.

II. Abspannung der Stimmbänder. Diese tritt sogleich ein, wenn die Thätigkeit der genannten 3 Spannmuskeln abnimmt; es greift aber auch der Cricoarytaenoideus lateralis aktiv ein, welcher von der oberen Seitenwand des Ringknorpels entspringt und rückwärts und aufwärts zum unteren Rand des Muskelfortsatzes der Giesskanne verläuft.

cr. l. M. cricoarytaenoideus lateralis. *th. a.* Thyreoarytaenoideus.

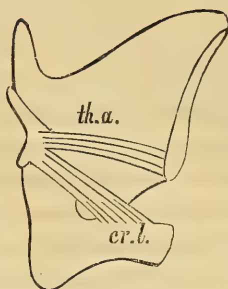


Fig. 140.

Ist dagegen die Glottis offen, Fig. 141 *A*, so würde der Cricoarytaenoideus lateralis, für sich allein, in der Richtung des Pfeiles (Fig. 141 *B*) wirken und den Muskelfortsatz der Giesskanne *g* nach vorwärts und abwärts, also den Stimmfortsatz dieses Knorpels nach einwärts (und aufwärts), folglich die Giesskanne ungefähr um ihre Längsaxe nach einwärts rotiren. Das Stimmband wird somit nach einwärts geknickt (Fig. 141 *B*), eine Stimmritzform, welche Czermak in der That öfters beobachtete, wenn er nach vollführter Inspiration die Ritze zum Stimmgeben wieder schnell schliessen wollte. Schwache Andeutungen dieser Einwärtsknickung kommen übrigens bei jedem Uebergang vom gewöhnlichen Athmen zur Stimmbildung vor.

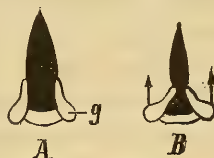


Fig. 141.

Czermak fand ferner nicht selten, wenn nach Produktion der höchsten Töne die Ritze zur Inspiration schnell geöffnet wurde, dass dann die Stimmritze aus der Form *A* in die von *B*, Fig. 142, überging. Bei dieser Bewegung rotiren die Giesskannen um ihre Längsaxe nach auswärts, offenbar eine einseitige Wirkung des M. cricoarytaenoideus posticus beiderseits. Die Eröffnung der Stimmritze, wenigstens wenn sie ohne die stärkeren Grade dieser Knickbildung rasch erfolgen soll, erfordert offenbar die Mitwirkung des Cricoarytaenoideus lateralis.

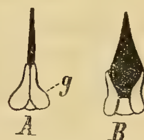


Fig. 142.

519. Stärke des Anblasens und Tonhöhe.

Mit zunehmender Stärke des Luftstromes steigt, wie schon Ferrein zeigte, die Tonhöhe. Am todten Kehlkopf konnte J. Müller durch stärkeres Anblasen, bei sonst gleicher Bänderspannung, den Ton bis zur Quinte erhöhen. Eine und dieselbe Tonhöhe ist also erreichbar entweder durch stärkere Bänderspannung und zugleich ruhigeren Exspirationsstrom, oder mittelst schwächerer Spannung der Bänder und stärkerem Luftstrom. Im ersteren Fall hat aber der Ton einen angenehmeren Klang. Beide Faktoren sind also wichtige Compensationsmittel bei der Produktion der Tonhöhe. Es erklärt sich hieraus, dass die höchsten Töne niemals schwach, die niedersten dagegen niemals sehr stark gegeben werden können. Während der Exspiration nimmt, mit Abnahme des Luftvorrathes, die Kraft des Anblasens ab; der Ton kann aber trotzdem auf gleicher Höhe gehalten werden durch zunehmende Bänderspannung.

520. Funktionen des Ansatzrohres.

Diejenigen Theile der Luftwege, welche oberhalb der wahren Stimmbänder liegen, leisten die Dienste als Ansatzrohr musikalischer Zungenwerkzeuge, jedoch

mit mehrfachen, den Stimmapparat auszeichnenden Modifikationen. Als J. Müller dem todten Kehlkopf längere Ansatzröhren vorsetzte, wurde die Tonhöhe nicht wesentlich vertieft. Die Corpustheile sind dagegen von Einfluss auf den Klang und besonders auf die Stärke der Töne. Durch Zuhalten der Nase, durch Schliessen oder Oeffnen des Mundes z. B. wird in der That niemals die Höhe, wohl aber der Klang und besonders die Stärke der Töne verändert. Ein Verschluss der Nase ändert, wenn der exspiratorische Luftstrom schwach und der Mund weit geöffnet ist, den Klang der Töne verhältnissmässig nur wenig; bei starkem Luftstrom aber wird der Klang erheblich modificirt d. h. näselnd, indem die Wände der Nasenhöhle nicht bloss als Reflectoren der Schallwellen wirken, sondern auch in stärkere, den Klang modificirende Schwingungen gerathen. Zunehmende Räumlichkeit der Mund- und Nasenhöhle begünstigt, umfänglichere Verknöcherung der Kehlkopfknorpel z. B. mindert die Tonstärke. Die Morgagni'schen Taschen gestatten die gehörigen Excursionen der Stimmbänder. Das Secret ihrer Schleimhaut trägt bei zur normalen Befeuchtung, also auch Elasticität, der Stimmbänder (Merkel).

521. Kehlkopfnerven.

Dieselben gehen zunächst vom N. vagus ab; die eigentlichen Vagusfasern des Kehlkopfs sind ausschliesslich sensibel, während die Muskulatur des Organes von, ursprünglich in der Bahn des N. accessorius verlaufenden Fasern versorgt wird. Nach Bischoff verursacht Durchschneidung des Accessorius in der Schädelhöhle vollständige Stimmlosigkeit; Durchschneidung bloss auf einer Seite bewirkt Heiserkeit der Stimme. Der N. laryngeus superior ist vorzugsweise sensibel; er versorgt namentlich auch die Kehlkopfschleimhaut, ausserdem die Musculi cricothyreoidei. Nach Durchschneidung desselben im Hund wird nach Longet die Stimme tiefer und rauh, die Stimmbänder können nicht mehr gehörig gespannt werden, da ihre vordere Insertion ihre Fixirbarkeit verloren hat. Die Athmung wird durch diesen Eingriff nicht gestört. Durchschneidung des N. laryngeus inferior (recurrens vagi), welcher alle übrigen Kehlkopfmuskeln innervirt, bewirkt, wie schon Galenus fand, völlige Stimmlosigkeit. Die Kehlkopfmuskeln sind dem Willen im höchsten Grade unterthan, wie die Leistungen des Gesanges am besten beweisen. Der Sänger ist im Stande, die Töne nach Höhe, Klang, Stärke, Dauer u. s. w. auf's Mannigfaltigste und Schnellste abzuändern.

522. Umfang der menschlichen Stimme.

Man unterscheidet folgende Stimmlagen: 1) Sopran, die höhere Weiberstimme; 2) Alt, die tiefere Weiberstimme; 3) Tenor, die hohe Männerstimme und 4) Bass, die tiefe Männerstimme. Der Sopran liegt ungefähr eine Oktave höher als der Tenor; der Alt um eine Oktave höher als der Bass. Zwischen dem tiefsten Bass und dem höchsten Sopranton liegen etwas über 3½ Oktaven; rechnet man Stimmen von seltener Tiefe oder Höhe dazu, so beträgt der ganze Umfang der Menschenstimme sogar 5 Oktaven, während die Musik etwa 9 Tonoktaven ver-

wendet. Eine gute Einzelstimme umfasst 2 Oktaven oder etwas darüber von musikalisch verwendbaren Tönen; Stimmen von grösserem Umfang sind nicht so selten, ja selbst ein Gebiet von 3½ Oktaven kam bei begabten Einzelstimmen schon vor. Der Bass erreicht ausnahmsweis selbst F_1, Kinderstimmen und der Weibersopran manchmal f_3, ja selbst a_3. Nur wenige Töne, von c_1 bis f_1 sind allen Stimmlagen gemeinsam.

Der Ton, welchen wir bei möglichster Ruhe des Stimmapparates angeben, liegt nicht in der Mitte, sondern etwa eine Quart oder Terz unterhalb der Mitte unseres Stimmumfanges.

Die nachfolgende Tabelle umfasst die menschliche Tonscala, mit Angabe der Schwingungszahlen der Töne in der Sekunde (die Bezeichnung der Oktaven s. 338).

		Bass	Tenor	Alt	Sopran
F_1	42				
G_1	48				
A_1	53				
H_1	60				
C	64				
D	72				
E	80	|			
F	85	|			
G	96	|			
A	106	|			
H	120	|			
c	128	|	|		
d	144	|	|		
e	160	|	|		
f	170	|	|	|	
g	192	|	|	|	
a	213	|	|	|	
h	240	|	|	|	
c_1	256	|	|	|	|
d_1	288	|	|	|	|
e_1	320	|	|	|	|
f_1	341	|	|	|	|
g_1	384		|	|	|
a_1	427		|	|	|
h_1	480		|	|	|
c_2	512		|	|	|
d_2	576			|	|
e_2	640			|	|
f_2	683			|	|
g_2	768				|
a_2	854				|
h_2	960				|
c_3	1024				|
d_3	1152				
e_3	1280				
f_3	1366				
g_3	1536				
a_3	1708				

523. Klangarten der Stimme. Die Menschenstimme zeigt unendlich viele individuelle Modifikationen (Klangarten). Dabei sind ausser der Regelmässigkeit (Isochronismus) der Schwingungen der Stimmbänder, welche die sog. Reinheit der Stimme vorzugsweis bedingt, besonders die Theile des Ansatzrohres, deren Formen, Grössen, Elasticitäten u. s. w. maassgebend, und zwar sowohl wegen deren Mitschwingungen als der von ihnen bewirkten Reflexion der Tonwellen.

Ausserdem unterscheidet man zwei Hauptregister von Tönen: die Brust- und Falsettöne. Der Klang der Brusttöne ist voll und stark; die auf die Brust gelegte Hand fühlt deutliche Vibrationen. Die Falset- (Fistel-)töne dagegen sind weicher. Die tieferen Töne gehören der Bruststimme, die höheren der Fistel an; einige Töne in der Mitte der Stimmlage können auf beiderlei Weise gegeben werden. Die Unterschiede beider Tonregister sind übrigens bei der männlichen Stimme bei weitem am deutlichsten. Beim Falset schwingen die Bänder in grösserer Breite und

Länge, auch ist die Stimmritze weiter geöffnet, als beim Brustton von gleicher Höhe (Garcia). Desshalb entweicht die Luft langsamer beim Brustton; derselbe kann länger angehalten und mit stärkerer Pression der Luft verbunden werden. Im Falset scheint die Spannung der Stimmbänder vorzugsweis durch deren eigene Muskulatur (M. thyreo-arytaenoideus) besorgt zu werden.

Bei den sog. Gaumentönen wird nach Liscovius der Luftstrom, in Folge von Näherung des Gaumensegels gegen die hintere Rachenwand, dem Munde zugeleitet, aber in dessen Hintergrund durch die aufgerichtete Zunge gehemmt. Bei den Nasentönen dagegen ist der Eingang in die Choanen freier, sodass die Nasenhöhlenluft mitschwingen kann.

XXV. Sprechen.

524. Aufgabe.

Mittelst der Tonsprache sind wir befähigt, unsere Vorstellungen auf das Schnellste und Einfachste anwesenden Hörenden mitzutheilen. Die Physiologie kommt hier in mehrfache Wechselwirkungen mit den Sprachwissenschaften; doch beschränkt sie herkömmlicherweise ihre Aufgabe einfach auf die Darstellung des Mechanismus des Sprechens. Das Kind erlernt diese Fähigkeit, ohne eigentlichen Unterricht, ausschliesslich durch Nachahmung der Sprechenden in Folge langer und beharrlicher Uebung, wobei es von den einfacheren zu den schwierigeren Sprachlauten übergeht. Das Gehör dient ihm dabei als einzige, aber sichere Controlle der richtigen Ausführung seiner Aufgabe, ohne dass es, wie auch der erwachsene Redende, der specielleren Stellungen seiner Mundtheile bewusst wäre. Ganz anders verhält es sich bei Taubgeborenen; sollen diese eine verständliche Tonsprache erlernen (eine Aufgabe, die der neuere Taubstummenunterricht mit Erfolg gelöst hat), so müssen sie durch systematische Unterweisung mit der Mechanik des Sprechens bekannt werden.

Der spanische Mönch Peter Ponce († 1584) gilt als Erfinder dieses Unterrichts, der freilich im Verlauf eines Jahrhunderts in mehreren Ländern selbstständig (z. B. Bischoff Wallis in England) begründet worden ist. Abbé de l'Epée brachte später, statt der Lautlehre, die Zeichensprache beim Taubstummenunterricht mehr in Aufnahme. Die Tonsprache, eine der wunderbarsten Fähigkeiten des Menschen, bietet, für den normalen Menschen, ja auch für den Taubstummen, sehr wesentliche Vortheile gegenüber den mehr oder weniger unbeholfenen Verständigungsmitteln der Zeichensprache. Die Mechanik und Systematik der Sprachlaute ist besonders von Kempelen, Chladni, Joh. Müller und Brücke gefördert worden.

525. Allgemeine Eigenschaften der Sprachlaute.

Die Sprache ist eine Combination einzelner Geräusche, der sogenannten Laute, welche während des Durchströmens der Exspirationsluft durch die

Mund- oder Nasenhöhle gebildet werden, wobei gewisse Theile des Mundes entweder bestimmte Stellungen schon eingenommen haben, oder gewisse Bewegungen gleichzeitig ausführen. Sprechwerkzeuge im engeren Sinne sind also die Theile des sog. Ansatzrohres des Stimmorganes. Zur Charakteristik der Laute gehört Folgendes:

1) Die speciellen Stellungen der Sprachorgane während der Produktion der einzelnen Laute. Diese Aufgabe, so einfach sie verhältnissmässig erscheint, hat mit keinen geringen Schwierigkeiten zu kämpfen und ist, namentlich in ihren Bemühungen um die Classification der Laute, gar leicht der Gefahr ausgesetzt, das Unwesentlichere mit der Hauptsache zu verwechseln. Das beim normalen Menschen sehr grosse, aber noch wenig untersuchte Compensationsvermögen der Sprachwerkzeuge tritt am Deutlichsten hervor bei Menschen mit theilweis verstümmelten Sprachorganen; das bei Diesen Beobachtete darf aber nur mit grosser Vorsicht in die Analyse der normalen Verhältnisse eingeführt werden.

2) Der akustische Werth der Sprachlaute (347).

3) Die Verbindungen der Laute mit einander. Ein und derselbe Laut kann, je nachdem er diesen oder jenen Vorgänger oder Nachfolger hat, auf abweichende Art hervorgebracht werden. Wir müssen uns auf die Darstellung der durchschnittlichen Mechanismen der Einzellaute beschränken, wobei wir (der Vergleichbarkeit wegen) von einer und derselben Ausgangsstellung, d. h. der Ruhelage der Sprachorgane ausgehen.

526. Sprechen mit und ohne Stimme.

Die Sprechlaute werden angegeben entweder durchaus unabhängig von der Tonsprache, oder, verbunden mit der Stimme, als Tonsprache.

I. Tonsprache. Das Sprechen, wenn es in einigermaassen grösseren Abständen vernommen werden soll, erfordert die Mitwirkung der Stimme, also die für die Tonbildung nöthige Stimmritzenenge und Stimmbänderspannung. Die Laute der Tonsprache sind demnach Combinationen von Tönen mit den (nach der Definition des vorigen §) selbstständigen Geräuschen der Sprachlaute.

II. Tonlose Sprache. Sie tritt ein 1) bei mangelnder Elasticität (Schwingungsfähigkeit) der Stimmbänder, z. B. in manchen Kehlkopfkrankheiten und 2) bei einer gewissen Weite der Stimmritze, sodass die Stimmbänder nicht mehr in tönende Schwingungen versetzt werden können. Wohl aber kann auch in diesem Fall unter Umständen ein gewisses Lufthinderniss vorhanden sein, indem die Stimmbänder durch die nach innen convergirenden Stimmfortsätze der Giesskannen einen Knick nach innen erhalten und dann ist das Durchströmen der Luft durch den Kehlkopf von einem mehr oder weniger in Betracht kommenden Geräusch begleitet. Nach Czermak zeigt die Stimmritze bei der Produktion eines tonlosen, heisern *ha* eine Form, wie Fig. 141 B.

Die Stimmbänder als solche und die Formen der Stimmritze sind gleichgültig für die Qualität, nicht aber die Intensität dieser Laute.

Wir vermeiden die Intonirung beim leisen Sprechen, der sog. Flüstersprache. Letztere bezeichnet aber das Wesen der Sache nicht; wir können ja ziemlich laut tonlos reden, lauter als bei den leiseren Arten der Tonsprache. Wir vermeiden freilich das intensive tonlose Sprechen, nicht sowohl weil es in der That unschön, sondern weil es 1) mit zu schneller Entleerung des Luftvorrathes der Lungen verbunden ist und uns desshalb zu zahlreichen und tiefen Athembewegungen, also zu unnöthigem Kraftaufwand zwingt, und 2) weil der starke Luftwechsel auf die Schleimhaut der Luftkanäle trocknend und reizend wirkt.

Wir sind im Stande, die tonlosen Sprechlaute auch während der Einathmung mit aller Deutlichkeit zu produciren; ja wir vermögen während der Luftaspiration sogar Töne, freilich nicht von angenehmem Klange, zu erzeugen. Desshalb kann auch die Tonsprache einzelne kurze Worte während der Inspiration hervorbringen, z. B. einzelne Ausrufe in gewissen Affekten, namentlich auch vom Schauspieler benützt. Sehr gut und ziemlich anhaltend gelingt dagegen die Flüstersprache, vorausgesetzt dass sie etwas langsam geschieht, im Verlaufe des Einathmens; desshalb können wir flüsternd reden, ohne durch das Einathmen unterbrochen zu werden.

527. Haupteintheilung der Laute.

Man theilt von jeher die Laute zunächst ein in Vocale und Consonanten, eine Unterscheidung, welche, obwohl ihre ursprünglichen Motive als physiologisch ungerechtfertigt längst erkannt sind, gleichwohl von anderen Standpunkten aus immer noch beibehalten wird. Die Consonanten sollten keine selbstständigen Laute sein und nur in Verbindung mit Vocalen intonirt werden können; daher ihre Bezeichnung »Mitlauter« gegenüber den »Selbstlautern« (Vocalen). Diese Behauptung ist bekanntlich unrichtig, denn auch Consonanten können sich mit der Stimme verbinden. Manche Consonanten, z. B. *w, s, l,* werden sehr deutlich und rein intonirt; andere allerdings minder rein, nur *h, b, d, g* dagegen können für sich nicht intonirt werden.

Joh. Müller suchte die alte Unterscheidung zu retten mit der Behauptung, die Vocale seien zwar keine Stimmbändertöne, wohl aber entständen sie im Kehlkopf und zwar durch Reibung der Luft an den nicht gespannten Stimmbändern der weiten Glottis. Dagegen ist zu erinnern, dass beim Uebergang von einem Vocal zu einem anderen kleine Veränderungen in der Stellung der Mundorgane unumgänglich nothwendig sind, während wir nicht das geringste Gefühl einer Veränderung im Kehlkopf haben; bei der inspiratorischen tonlosen Vocalbildung bleibt sogar der Kehlkopf (dessen Auf- und Abwärtsbewegungen bei der Vocalbildung man mit Unrecht als etwas Wesentliches betrachtet) als Ganzes vollkommen unbeweglich. Die Vocale entstehen nicht im Kehlkopf, sondern im Ansatzrohr des Stimmorganes gerade wie die übrigen Laute, und es ist nicht der geringste physiologische Grund vorhanden, dieselben als eine besondere Klasse von Lauten zu unterscheiden.

Die physiologische Eintheilung der Laute basirt am natürlichsten auf den Hauptwegen, die der Luftstrom bei der Lautproduktion nimmt. Der möglichen

Wege giebt es aber nur zwei: Mund- und Nasenkanal. Wir unterscheiden demnach in oberster Linie Mundlaute und Nasenlaute.

528. Mundlaute.

Vollführen wir die Ventilation der Athemluft ausschliesslich durch den Mund, während zugleich die Organe der Mundhöhle in möglichster Ruhelage verharren, so tritt bei einer gewissen Intensität des (inspiratorischen oder exspiratorischen) Luftstromes deutlich, d. h. kräftig und rein, der Lautcharakter *a*, bei noch stärkerem, schnellerem Luftwechsel aber der Lautcharakter *h* auf. Beide Laute entsprechen also dem Durchfluss der Athemluft durch den in der Ruhelage verharrenden Mundkanal. In dieser Ruhelage ist die Mundspalte wenig offen, viel breiter als hoch; beide Zahnreihen sind einander ziemlich genähert und zugleich steht die untere hinter der oberen Reihe ein wenig zurück; die Zunge ist mehr am Boden der Mundhöhle und ihr vorderer Theil gegen die Mitte der unteren Zahnreihe gerichtet; das Gaumensegel ist etwas erhoben zur Erleichterung der Communication zwischen dem Mund und unteren Pharynxraum.

Erfährt diese, wenigstens relative, Ruhelage auch nur ganz leise Veränderungen, so verändert sich der Lautcharakter, weil jetzt eine andere Enge gebildet wird. Diese Enge kann hergestellt werden: 1) Durch die Mundöffnung, also mittelst gewisser Lippenstellungen; hieher gehören die Lippenlaute *w, o, u*. 2) Vorn in der Mundhöhle, durch Näherung nämlich der Zunge an die obere Zahnreihe oder an den Alveolarfortsatz des Oberkiefers. Sogenannte Zungenlaute: *s, sch, l, e, i*. 3) Weiter hinten in der Mundhöhle, durch Näherung der Zunge an den vorderen oder mittleren Theil des harten Gaumens. Sogenannte Gaumenlaute: *ch* und *r*. Alle bisher betrachteten Mundlaute sind kontinuirlich, d. h. sie können so lange angegeben werden, als der Luftstrom anhält.

Die Mundorgane bieten aber noch eine zweite Möglichkeit der Lautproduktion: es wird im Mundkanal ein Verschluss hergestellt oder ein solcher aufgehoben, und zwar, wie bei den Lauten der vorigen Klasse, mittelst der Lippen oder Zunge. Während dieser Bewegungen entstehen Geräusche mit den Charakteren *b, d, g*; dieselben können aber, eben weil sie von plötzlichen Bewegungen herrühren, nur einen Moment hindurch angegeben werden. (Explosivlaute; Chladni's Verschlusslaute.)

529. Specielle Mechanik der Mundlaute.

Die Tabelle giebt die Stellungen der Sprachwerkzeuge bei der Produktion der Einzellaute, wobei jedesmal von der, 528 definirten (bei den Mundlauten zu *a* führenden), Ruhelage ausgegangen und die Voraussetzung gemacht wird, dass der Laut auf die einfachste Weise, d. h. durch die relativ geringste und am Schnellsten zum Ziele führende Bewegung, hervorgebracht werde, indem es offenbar von der Ruhelage aus zu jedweder anderen

Lage nur **einen** bequemsten und leichtesten Weg giebt, gegenüber den Möglichkeiten, die sonst noch gestattet sind. Die in der Tabelle eingeklammerten Laute werden bloss durch einen, im Vergleich zu ihren Vorgängern stärkeren Luftstrom producirt.

			Die Enge, (resp. Verschluss) wird gebildet:		
		Ruhelage.	durch die **Mundöffnung** (sog. Lippenlaute)	im **vordersten Theil der Mundhöhle** (durch Näherung oder Anlagerung der Zunge an die obere Zahnreihe oder den Alveolarfortsatz des Oberkiefers. (sog. Zungenlaute)	**etwas weiter hinten in der Mundhöhle** (durch Näherung oder Anlagerung der Zunge an den vorderen Theil des harten Gaumens (sog. Gaumenlaute)
Die Luft streicht durch den Mund; die Nase ist gesperrt: **Mundlaute.**	Die Stellung der Mundtheile ändert sich nicht während der Production des Lautes (continuirliche Mundlaute).	*a (h)*	*w (v. f.):* Mundspalte etwas breiter, Luftstoss etwas stärker. *o:* Mundöffnung mehr rundlich. *u:* Mundöffnung wie *o*, Lippen aber etwas mehr vorgeschoben.	*s:* Zunge der obern Zahnreihe genähert. *sch:* wie *s*, doch Zungenspitze ein wenig zurück, Luftstoss stärker. *l:* Zungenspitze dem Alveolarfortsatz angelegt; die Luft streicht also an beiden Seiten der Zunge vorüber. *e:* Zungenspitze ein wenig aufwärts und vorwärts. *i:* Zunge noch stärker erhoben, ihre Spitze gegen die obere Zahnreihe gerichtet.	*ch:* Zunge dem vorderen Gaumen genähert (z. B. lieb*lich*). Die harte Form entsteht, wenn die Zunge weiter zurückgezogen wird (z. B. Aa*chen*). Die härteste, wenn zugleich bei starkem Luftstrom das Gaumensegel vibrirt. — *r:* Richtung der Zunge wie bei *ch*, Zunge aber etwas hohl gemacht, beim stärksten *r* bringt der Luftstrom die Zunge in kräftige Vibrationen.
	Die Stellung der Mundtheile ändert sich: ein Verschluss wird gebildet oder hergestellt. (Explosiv- od. Verschlusslaute.)		*b (p).* Der Verschluss wird mit den Lippen gebildet, oder die geschlossenen Lippen werden von einander entfernt.	*d (t).* Die wie bei *l* gestellte Zunge wird plötzlich zurückgezogen.	*g (k):* Die an den harten Gaumen angelegte Zunge wird plötzlich von demselben entfernt.

Eine Abart der (reinen) Vocale sind die **Combinationsvocale.** Die Mundtheile machen Stellungen, welche in der Mitte liegen zwischen den je 2 reinen Vocalen entsprechenden. Die gewöhnlichsten sind: *ä* (a—e); *ü* (u—i) und *ö* (o—e).

530. Nasenlaute.

Wir athmen gewöhnlich, der Mund mag geschlossen sein oder nicht, ausschliesslich durch die Nase. Das Gaumensegel hängt dabei senkrecht herab zur Erleichterung der Communication zwischen dem oberen und unteren Pharynx-

raum, während die an den harten Gaumen angelegte Zunge die Mundhöhle grösstentheils ausfüllt. Während der Luftventilation durch die Nase können wir bloss zwei benützbare Laute produciren. Bei stärkerem Luftwechsel entsteht unter den genannten Bedingungen ein Geräusch mit dem deutlichen Lautcharakter *n*; dasselbe ist der einfachste Nasenlaut, entstanden durch die Reibung und Reflexion der Athemluft an den Wänden der Nasenhöhle; rein kann es nur exspiratorisch erhalten werden.

Hätten wir bewegliche Organe in der Nasenhöhle, so würden wir mannigfaltige Nasenlaute produciren können. Das Lufthinderniss in der Nasenhöhle ist aber konstant. Nur ein Hülfsmittel steht uns noch zu Gebot: wir lassen die Luft der Mundhöhle resoniren, einfach dadurch, dass durch Entfernen der Zunge vom harten Gaumen eine grössere Mundcavität hergestellt wird. Nun entsteht *m*.

Bei der Herstellung des *m* gehen wir, wie bemerkt, von der oben definirten, zu *n* führenden, Ruhelage aus, dem offenbar natürlichsten Ausgangspunkt für ersteren Nasenlaut. Wer dagegen die Ruhelage der Mundlaute (528) voraussetzt, bedarf einer Bewegung (Anlagerung der Zunge gegen den harten Gaumen) um *n* zu erhalten, nennt also das *n* einen Zungenlaut. Ferner bedarf er für *m* einen Lippenverschluss (die Zunge war schon auf dem Boden der Mundhöhle), er nennt also das *m* einen Lippenlaut.

531. Das Gaumensegel beim Sprechen.

Bei der Produktion der Mundlaute ist der Luft der Weg durch den Mund angewiesen; der Strom muss also von dem zweiten Ausweg, der Nase, abgehalten werden. Dieses geschieht durch das Gaumensegel, welches durch seine Erhebung und Anlagerung an die hintere Pharynxwand, die Mundhöhle von dem oberen Pharynxraum abschliesst. Die Erhebung des Gaumensegels, überhaupt der Abschluss, erfolgt bei den sog. Consonanten nicht minder als bei den Vocalen, jedoch bei den einzelnen Lauten in verschiedenem Grad. Ordnet man die Vocale (gerade sie sind in diesem Betreff am genauesten untersucht) in eine Reihe, so ist die Erhebung des Gaumensegels am grössten bei *i*, dann folgen *u, o, e,* endlich *a*, bei welchem das Segel wenig oder nicht erhoben wird. Spritzte Czermak Wasser in den oberen Pharynxraum, während die Vocale in der eben angegebenen Reihe von *i* an producirt wurden, so lief anfangs kein Wasser in den Mund ab, zum Beweis eines vollständigen Gaumensegelverschlusses; der Durchbruch des Wassers geschah erst bei *a*, höchstens schon bei *e*.

Bei der stimmlosen Produktion von Mundlauten mit mässiger Intensität wird der Timbre der Laute nicht verändert in Folge von Zuhalten der Nase; wohl aber geschieht dieses, wenn die Laute (Vocale wie Consonanten) intonirt werden. Offenbar schwingt jetzt die Luft der Nasenhöhle mit, d. h. der Gaumensegelverschluss ist nicht mehr vollkommen. Diese Klangveränderungen können wir aber, namentlich bei den Vocalen, auch bei offener Nase hervorrufen durch willkürliche Minderung des Gaumensegelverschlusses; es entstehen die sog. Nasenvocale, welche z. B. die französische Sprache viel anwendet; namentlich

a (*en*, *an* der französischen Schreibweise), *e* (*ein*) und *o* (*on*). Ein Nasenvocal *i* wird nicht benützt; er ist weder leicht, noch rein hervorzubringen, eben weil beim *i* der Gaumensegelverschluss am stärksten ist. Bei der Angabe der Nasenvocale geht der Luftstrom theilweis durch die Nase, indem ein, vor letztere gehaltener Spiegel sich beschlägt, was bei den Mundvocalen nicht der Fall ist (Czermak).

Spricht man bei enger Stimmritze und unter hoher Pressung der Lungenluft, so erhält die Stimme einen eigenthümlichen Klang (fälschlich mit dem Namen Bauchstimme belegt). Geübte Bauchredner sind im Stande, über Richtung und Entfernung der Stimme auf das Mannigfaltigste zu täuschen. Auch die Bauchstimme wird exspiratorisch zu Stand gebracht; die Enge der Stimmritze und die vorhergegangene tiefe Inspiration gestatten, die Rede längere Zeit ohne Unterbrechung fortzuführen.

532. Schriftsymbole der Laute.

Die Sprache benützt nicht alle Laute, die im Ansatzrohr des Stimmorganes erzeugt werden können. Bei der Auswahl gilt nicht die Rücksicht auf den Wohlklang, so wenig wie die Gangweisen der Menschen durch Rücksicht auf Schönheit bestimmt werden, sondern die Leichtigkeit der Produktion der Laute und deren Hörbarkeit und Verständlichkeit. Manchen Sprachen fehlen sogar sonst ganz gebräuchliche Laute, z. B. *l*; in anderen kommen unbequeme Inspirations- oder selbst Schnalzlaute (Negersprachen) vor.

Die Hauptlaute sind, nach früheren Auseinandersetzungen, *h* — *a, e, i, o, u* (nebst den sog. Combinationsvocalen und Nasenvocalen) — *b, d, g* (und ihre »harten« *p, t, k*) — *f* (*v, w*) — *l, r, s, sch, ch* — *m* und *n*. Die Laute werden symbolisirt durch gewisse Zeichen, die Buchstaben der Schriftsprachen. Letztere aber enthalten ohne Ausnahme viel Conventionelles, ja selbst geradezu Unzweckmässiges und Irrationelles. 1) Für gewisse specifische Laute fehlen Buchstaben, z. B. *sch* (bei uns zusammengesetzt aus 3 Buchstaben, obschon es durchaus kein Combinationslaut ist), ferner *ch* und die französischen Nasenlaute. 2) Andererseits sind besondere Buchstaben vorhanden für Geräusche, die gar keine einfachen Laute sind; *c* (theilweis) und *z* unseres Alphabetes sind = *ts*; *x* = *ks*. 3) Endlich hat derselbe Laut zwei verschiedene Symbole, z. B. *k* und *q*; oder das *y* der Griechen, das uns wenigstens in der Aussprache mit *i* gleichwerthig, seinen ursprünglichen Charakter *ü* verloren hat.

Die Sprachen sollten für jeden einzelnen Lautcharakter ein bestimmtes Symbol haben, gleichgültig von welcher Form, wenn es nur leicht kenntlich und schnell geschrieben werden könnte. Dieses sog. phonetische Alphabet würde uns die Aussprache der fremden Wörter sogleich angeben, auch wenn wir dieselben nie gehört hätten. Derartige Bemühungen sind natürlich der vulgären Schriftsprache gegenüber unausführbar; wohl aber sind sie für die vergleichende Sprachwissenschaft von Interesse, wie sie auch den Anforderungen der Physiologie des Sprechens genügen.

XXVI. Psychophysiologie.

534. Aufgaben.

Dieser Theil der Physiologie untersucht (abgesehen von einigen physiologischen Phänomenen des Gehirns von untergeordneter Bedeutung, s. 541—543) die Wechselbeziehungen zwischen den körperlichen und seelischen Erscheinungen, also die körperlichen (physiologischen) Bedingungen der Seelenthätigkeiten und die Einflüsse der letzteren auf den Organismus. Der psychologische Theil der Physiologie lässt sich demnach von der Psychologie selbst hinreichend abgrenzen. Diese letztere behandelt 1) die psychischen Phänomene überhaupt, wie dieselben als äussere Formen der Seelenthätigkeiten in die Erscheinung treten; sie sucht 2) das Zustandekommen derselben zu erklären und sich 3) zu Betrachtungen zu erheben über die Natur des Seelischen, sowohl an sich, als in seinen Unterschieden von dem Körperlichen. Der erste, weit greifende Theil hat es mit lösbaren Aufgaben zu thun; es handelt sich dabei um der Beobachtung zugängliche und einer genügenden Description fähige Thatsachen, die selbst dann und wann der quantitativen Untersuchung (z. B. der auf diesem Gebiet noch viel zu wenig gepflegten statistischen Methode) unterworfen werden können. Bei der zweiten Aufgabe dagegen kann den strengeren Forderungen des Causalitätsprincipes nicht genügt werden; die psychischen Erscheinungen sind schlechterdings nicht unmittelbar erklärlich, d. h. zurückführbar auf »Kräfte« im Sinne der Naturwissenschaft; wohl aber können vielfach konstante, gesetzliche Zusammenhänge der psychischen Ereignisse sowohl unter sich selbst, als auch mit körperlichen Phänomenen nachgewiesen werden. Von einer Inangriffnahme der psychologischen Aufgaben der dritten Reihe im Sinne der Naturforschung kann demnach keine Rede sein.

Diese bedeutende Beschränkung des psychologischen Theiles der Physiologie entspricht freilich nicht derjenigen Ansicht, welche die mit Recht geforderte innigere Durchdringung beider Wissenschaften schon jetzt allen Ernstes für möglich hält; dagegen ist sie der Ausdruck der hergebrachten, wohl motivirten Auffassungsweise der grossen Mehrzahl der Physiologen. Alle unsere Kenntnisse über die Wechselwirkungen zwischen seelischen und körperlichen Ereignissen sind rein empirischer Natur; sie gestatten keine unzweideutigen Schlüsse über die inneren Vorgänge selbst und befähigen weder die Naturforscher überhaupt, noch die Physiologen und Psychiatriker insbesondere, als solche irgend etwas Positives auszusagen über das Wesen der Seele. Die Formulirung der herkömmlichen und vom apriorischen Standpunkte sehr wohl erklärlichen Streitfragen über die Natur der seelischen Erscheinungen ist wenigstens in allem Wesentlichen heute noch dieselbe, wie zur Zeit der alten griechischen Philosophie. Wenn also alle ungeheueren Fortschritte der neueren Naturwissenschaft diesen Debatten bisher keine prinzipiell andere Richtungen zu geben vermochten, und die starren Gegensätze zwischen der idealistischen und materialistischen Auffassungsweise, trotz aller Versuche, dieselben zu vermitteln oder gar zu umgehen, für den Unbefangenen noch unverändert fortbestehen, so kann man nicht zweifelhaft sein, wie sich die künftigen, wenn auch noch so fundamentalen Erweiterungen der Naturwissenschaften gegenüber diesem schwierigsten aller Probleme noch auf lange Zeit hinaus verhalten werden. Die Physiologie als solche bleibt somit von

einer Frage, welche für ihre heutigen Hülfsmittel vollkommen unzugänglich ist, vorerst unberührt, und das um so mehr, als die psychologischen Aufgaben der Physiologie in ihrer oben aufgestellten Beschränkung bis zu einem gewissen Punkt unabhängig von jeder Hypothese über die Natur der Seele durchgeführt werden können.

534. Psychische Leistungen.

Die Seelenthätigkeiten, nach ihren zahlreichen und verschiedenartigen Aeusserungen und Formen aufgefasst, haben entweder: 1) Direkte Beziehungen zur Aussenwelt. Dabei verhält sich die Seele mehr passiv, receptiv: sie empfängt sinnliche Erregungen von Aussen her; oder mehr aktiv: es ist das Bestreben vorhanden, auf die Dinge der Aussenwelt einzuwirken durch gewollte Bewegungen. Oder 2) solche direktere Wechselwirkungen zwischen Seelischem und concretem Aeusserem sind nicht vorhanden: die Seelenthätigkeiten verlaufen als Processe für sich und unter sich. Die ganze Summe der hieher gehörenden, unendlich mannigfaltigen psychischen Leistungen wird zusammengefasst unter der weiten Bezeichnung der Vorstellungen. Diese sind es, welche den wahren Mittelpunkt aller psychischen Thätigkeiten bilden.

Sinnliche Empfindungen, gewollte Bewegungen und Vorstellungen sind demnach die drei Grundformen, in welchen das Seelenleben zur Erscheinung und Beobachtung kommt. Jede dieser Grundformen bietet aber, sowohl in der Thierreihe, als auch in demselben Individuum, je nach dessen somatischen und psychischen Zuständen, wiederum die grössten quantitativen und qualitativen Unterschiede.

Die sinnlichen Empfindungen beginnen als dunkele, beziehungslose Gefühle eines allgemeinen indiscreten Empfindungszustandes und steigern sich bis zu den mannigfaltigsten, durch die objektiven Sinne und die Gemeingefühle bedingten, mit vollem Bewusstsein aufgefassten und in Bezug auf ihre entfernten Veranlassungen richtig interpretirten Sinneswahrnehmungen.

Die beiden Extreme der gewollten Bewegungen sind die, im Dienst des instinktiven Lebens stehenden, also von keinem frei-bewussten Zwecke beherrschten und in der Regel irgend welchem körperlichen Bedürfniss genügenden Bewegungen einerseits, und die, weder durch ein Aeusseres, noch durch irgend welche körperlichen Zustände bedingten, vollkommen freien, mit dem Charakter grösstmöglichster Spontaneität begabten Bewegungen andererseits.

Auch die Vorstellungen zerfallen in niedere und höhere. Zu den ersteren gehören die Empfindungs- und Bewegungsvorstellungen, welche sich auf unmittelbare concrete Eigenschaften, Ereignisse und Möglichkeiten der sinnlichen Natur beziehen und als solche keine weitere psychische Verarbeitung ihres Inhaltes ermöglichen und erfordern. Noch reicher sind die höheren Vorstellungen; sie umfassen 1) das Gebiet der Begriffsbildungen, d. h. des Vorstellens von dem Allgemeinen, das in mehreren oder vielen einfachen Vorstellungen enthalten ist, und 2) des Denkens (Urtheilens), d. h. des Abwägens der Verhältnisse der einzelnen Begriffe unter sich.

Die Logik verfolgt mehr die formale Seite, die Psychologie den materiellen Inhalt und die realen Leistungen dieser vielgliedrigen Processe. Auf diese Aufgaben, z. B. die Normen, nach welchen die Vorstellungen und Begriffe sich hemmen und befördern (sog. psychische Associationsgesetze), die Entstehung des Begriffs aus der niederen Vorstellung u. s. w. kann hier nicht eingegangen werden.

535. Subjective Modificationen.

Die Vorstellungen, nach ihren mannigfaltigen Richtungen, sowie die bezüglichen Classificationsversuche, gehören lediglich der Psychologie an; wir heben nur eine Beziehung derselben, sowie der psychischen Leistungen überhaupt, hervor: das Verhältniss nämlich der Empfindung, der gewollten Bewegung und der Vorstellung zu dem empfindenden, wollenden und vorstellenden Subjekt.

Die im vorigen § geschilderten Thätigkeiten gehen zwar vor sich in einem psychisch bewegten Individuum, jedoch so, dass dasselbe an ihnen, seien sie auch noch so intensiver Natur, von seinem individuellen Standpunkt aus keinen weiteren Antheil nimmt und seinerseits nichts hineinträgt in die von ihm ausgeführte psychische Leistung. Findet aber eine solche Antheilnahme statt, gibt also das psychisch bewegte Individuum seine Neutralität auf, so kann das nur möglich sein nach zwei entgegengesetzten Richtungen: entweder man wird gefördert, ist zufrieden und demnach bestrebt, den Zustand zu erhalten, kurz man befindet sich im Zustand der Lust; oder andererseits man wird gehemmt, ist unzufrieden und sucht den Zustand zu ändern: man befindet sich im Zustand der Unlust. Zu der »reinen, objektiven« psychischen Leistung kommt also etwas Neues hinzu: eine Gefühlsschattirung, kurz eine subjektive Modification der ersteren. Diese Modificationen zeigen nicht blos bedeutende quantitative Differenzen (von leisen subjektiven Antheilnahmen bis zu den intensivsten psychischen und körperlichen Erschütterungen), sondern auch bemerkenswerthe qualitative Unterschiede und mannigfach auseinander weichende Richtungen, für welche Sprache und Wissenschaft eine Menge von Bezeichnungen gebrauchen (die einzelnen Gemüthsbewegungen, Affekte, Leidenschaften u. s. w., deren nähere Charakteristik eine Aufgabe der Psychologie bildet). Hieher gehören:

1) die Gemeingefühle ohne Ausnahme, welche eben nichts anderes sind als Empfindungen, die wir auf unsere eigene Leiblichkeit beziehen. Es kann sonach kein vollständig indifferentes Gefühl der Art geben (s. Abschnitt XXII). 2) Solche objektive Sinnesempfindungen, welche sich mit correspondirenden Gefühlen veränderter Körperzustände mehr oder minder verbinden (309). 3) Solche gewollte Bewegungen, deren Effekte nicht blos in einfachen, uns nicht unmittelbar interessirenden Veränderungen von Dingen der Aussenwelt bestehen. 4) Auch die Vorstellungen in ihrem ganzen Umfang können den Vorstellenden hemmen oder fördern oder in einen gemischten Zustand versetzen, je nach der Bedeutung, die sie entweder für irgend eine seiner individuellen Existenzbedingungen oder für Ideen (moralische u. s. w.) haben, zu denen der Vorstellende ein bestimmtes Verhältniss einnimmt.

536. Reine und subjective psychische Leistungen.

Die Eintheilung der psychischen Leistungen in reine oder objektive einerseits und in subjektive, von »psychischen Gefühlen« begleitete andererseits hat eine wesentliche physiologische Bedeutung, denn gerade die psychischen Leistungen der zweiten Gruppe bieten die stärksten und konstantesten Wechselwirkungen mit physiologischen Funktionen.

Beide Formen combiniren sich auf mannigfaltige Weise; hält sich die subjektive Antheilnahme innerhalb engerer Schranken, so kann die psychische Thätigkeit auch in objektiver Hinsicht gewinnen an Intensität, Klarheit, Mannigfaltigkeit ihres Inhaltes u. s. w.; erreicht aber die subjective Antheilnahme einen höheren Grad, so nimmt der objektive Werth der psychischen Leistung immer mehr ab. Jetzt gesellt sich zum Inhalt der objektiven Sinnesempfindung und deren Auslegung noch ein Weiteres, uns aber besonders Interessirendes, das eben nicht mit Nothwendigkeit in jener enthalten ist; jetzt wird die gewollte Bewegung vollführt nach theilweis verändertem, den äusseren Umständen oft nicht adäquatem Modus: sie ist schwächer oder stärker, hastiger, unruhiger, von Mitbewegungen und von stärkeren Nachwirkungen auf den Muskelzustand überhaupt begleitet; jetzt schlagen die Vorstellungen einseitigere Richtungen ein, sie verlieren ihren Charakter als reine Operationen des «Verstandes», sie werden modificirt durch das «Gemüth» und üben vielfache Reflexe aus selbst auf somatische Processe.

Alle psychischen Processe — die niederen wie die höheren — können also solche subjektive Modificationen erleiden und dadurch mehr oder weniger ungenau werden. Bei manchen Menschen geschieht diese Antheilnahme leichter, bei anderen schwerer; bei dem Einen mehr nach dieser; bei dem Andern mehr nach jener Richtung. Die sinnlichen Empfindungen des «Nervösen,« die Bewegungen des «Leidenschaftlichen», die Vorstellungen des «Gemüthlichen» u. s. w., sie haben alle ihren eigenthümlichen Typus. Maassgebend sind hier anhaltende oder vorübergehende körperliche oder psychische Memente: namentlich die Reizbarkeit des Nerven- und Muskelsystemes, die stationären Formen der Temperamente und die mehr vorübergehenden der Stimmungen, Affekte u. s. w.

537. Thier- und Menschenseele.

Sinnesempfindungen und Bewegungen sind die ersten psychischen Regungen des Kindes; mit Erwachen des Selbstbewusstseins gewinnen dieselben an Bestimmtheit und Gehalt, während zugleich die inneren psychischen Thätigkeiten immer weiter um sich greifen und Empfindungen und Bewegungen beherrschen. Anfangs sind es nur niedere, sinnliche und auf die eigene Individualität gerichtete Vorstellungen und Begriffe; später treten Begriffe von höherer Dignität auf. Aehnliche, freilich lange nicht so weit gehende, stufen-

weise Steigerungen der psychischen Leistungen bietet auch die Thierreihe. Man unterscheidet drei Stufen der seelischen Ausbildung:

1) Die instinktiven psychischen Thätigkeiten. Die Thiere begehen Handlungen, welche durchaus im Einklang sind mit ihrer Organisation und ihren Lebensbedingungen überhaupt. Hieher gehören namentlich Streben nach Nahrung, Geschlechtstrieb, und Unlust an Schmerz. Bei den gesellig lebenden Thieren treten diese Leistungen in Theilung der Arbeit, Ausführung künstlicher Bauten, Wanderungen u. s. w. auf das Ueberraschendste hervor, sodass sie den Schein freier Thätigkeiten annehmen. Alle diese Leistungen erfolgen aber unbewusst, mit zwingender Nothwendigkeit, aus dunkelen Gemeingefühlen; sie stehen in inniger Harmonie mit der ganzen Organisation der Gattung. Ihre Unfreiheit wird dadurch bewiesen, dass sie, entschieden keiner Steigerung fähig, durchaus den Charakter der Unveränderlichkeit in sich tragen (Cuvier). Innerhalb dieser engen Grenzen halten sich die Seelenerscheinungen bei den Wirbellosen, während sie sich bei Wirbelthieren immer höher entfalten, als

2) Bewusste psychische Thätigkeiten. Diese treten namentlich in den sog. Warmblütern, neben Aeusserungen des blossen Instinktes, in sehr mannigfaltigen Leistungen auf. Die Sinnesempfindungen sind vollkommen objektiv und häufig sogar viel schärfer und feiner als im Menschen; die gewollten Bewegungen dienen den verschiedenartigsten Zwecken; die Vorstellungen nehmen bestimmtere Formen an; aber alle Vorstellungen, auch des begabtesten Thieres, beziehen sich bloss auf die unmittelbar sinnliche Aussenwelt und damit sich combinirende »psychische Lust- und Unlust-Gefühle.« Die höheren Thiere haben sehr viele psychischen Gefühle und deren Steigerungen zu Affekten u. s. w. mit uns gemein, ja sogar solche, die sich auf ein anderes Individuum ihres oder eines fremden Geschlechts und den Menschen selbst beziehen, wie Mitleid und Mitfreude, Affection für ihre Jungen, Anhänglichkeit an ihren Herrn; ferner Freude und Trauer, Zorn, Kampflust, Furcht, Schrecken und Neid; ja selbst Regungen von Stolz und Eitelkeit fehlen in einzelnen Fällen nicht. Die Gemüthsaffecte der Thiere sind aber sehr viel weniger intensiv und nachhaltig und greifen bei Weitem nicht so stark in die körperlichen Verrichtungen ein, wie beim Menschen. Als Krankheitsursachen treten sie beim Thier nur ausserordentlich selten, beim Menschen häufig auf.

Die psychischen Leistungen der höchsten Thiere sind, den niederen gegenüber, viel intensiver, vielseitiger, bei den Einzelthieren derselben Art ungleich differenter, individualisirter, und endlich durch Erziehung wesentlicher Vervollkommnungen fähig. Bemerkenswerth ist, dass dann, sowie durch den Einfluss der Zähmung überhaupt, der Instinkt beeinträchtigt werden kann. Das höhere Thier hat demnach in seinen psychischen Thätigkeiten sehr vieles gemein mit dem Menschen, ja es übertrifft ihn sogar in einzelnen derselben; dagegen fehlt ihm, und zwar vollständig, die höchste Stufe der seelischen Leistungen:

3) das Vermögen, Begriffe zu bilden, die Vernunft, das aus-

schliessliche Besitzthum des Menschen. Das Thier ist bloss verständig, es ist schlechterdings unfähig, auch nur sinnliche Begriffe zu construiren, geschweige denn abgeleitete Begriffe höherer Ordnungen; desshalb schliessen auch seine Affecte und Leidenschaften — die höchsten Steigerungen seines psychischen Lebens — nur sinnliche Vorstellungen in sich ein. Eine solche Psyche hat und bedarf keine anderen Verständigungsmittel, als die einfachen Zeichen der Instinktsprache: Mimik, Bewegungen, gewisse Töne; während der Mensch im Besitz zahlreicher Verständigungsmittel ist für alles Sinnliche und Intellektuelle und deren Eigenschaften und Relationen: der, seiner seelischen Entwickelung adäquaten, Zeichen der Vernunftsprache.

538. Das Gehirn als Seelenorgan.

Man hat häufig den ganzen Körper für «beseelt» erklärt, insofern fast alle Theile desselben Leistungen für die Seele vermitteln und derselben entweder Eindrücke zuführen oder von ihr Anregungen empfangen. Die Alten suchten die nächste Ursache, z. B. der einzelnen Affecte und Leidenschaften, in bestimmten Eingeweiden (Leber, Milz, Darm, Magen, Herz, alles Organe, die allerdings in gewissen Wechselbeziehungen zur Seele stehen); Bichat verlegte den Sitz der Affecte in den Sympathicus; Andere wie Pflüger und Auerbach betrachten auch das Rückenmark als ein Organ der Seele und nehmen für viele vom Rückenmark vermittelte reflectorische oder automatische Bewegungen den Charakter der Spontaneität in Anspruch. Die Mehrzahl der Physiologen und Aerzte dagegen bezeichnet das Gehirn als ausschliessliches Organ aller bewussten Lebensthätigkeiten.

Nur in letzterem Sinne untersuchen wir die Frage, die bis zu einem gewissen Grad von den Debatten über die Natur der Seelischen unberührt bleibt. «Seelensitze» sind uns darnach nur diejenigen Theile des Organismus, in welchen bewusste psychische Processe an bestimmte physiologische Processe mit Nothwendigkeit gebunden sind.

Die Untersuchung muss sich auf die Wirbelthiere beschränken, namentlich die höheren, in welchen die Zeichen spontaner Seelenthätigkeit unzweideutig hervortreten. In den übrigen Thieren, welche ein Hirn besitzen — die Definition des Gehirns hat freilich von comparativ-anatomischer Seite Schwierigkeiten — mag dasselbe nicht ausschliessliches Organ der instinctiven, also von unserer Frage nicht berührten, „Seele" sein. So betrachtet man das im Kopf der Gliederthiere liegende obere Schlundganglion als Hirn; nach Abtragung des Kopfes macht aber die Fliege häufig noch lebhafte, anhaltende Bewegungen, die Manche als „spontane" zu deuten geneigt sind.

Die Ansicht, dass das Hirn ausschliessliches Seelenorgan sei, kann folgendes für sich anführen: 1) Verstümmelung irgend eines zum vegetativen Leben nicht absolut nöthigen Körpertheiles beeinträchtigt die Psyche nicht, oder doch nicht nothwendig. 2) Die Empfindung und freiwillige Bewegung geht verloren, wenn der Zusammenhang der Nerven mit dem Hirn aufhört (Nerven- und Rückenmarksdurchschneidungen). 3) Materielle Veränderungen des Gehirns, vorausgesetzt, dass sie nicht zu gering sind, beeinflussen die Seelenthätigkeiten mehr oder weniger. a) Wird das Gehirn der Thiere gedrückt, so verfallen sie in einen

bewusstlosen, soporösen Zustand; dieselben Symptome bietet der Mensch bei stärkerem Druck auf das Gehirn, z. B. durch Ausschwitzungen, Blutergüsse, Schedelbrüchen mit Eindruck. Bei einem Menschen mit Defect eines Theiles des Schedelgewölbes schwand das Bewusstsein sogleich, wenn das blossliegende Hirn gedrückt wurde, und kehrte schnell zurück nach Aufhören des Druckes. b) Viele locale Krankheiten des Gehirnes, narkotische Vergiftungen, ferner Abnormitäten der Blutcirculation im Gehirn, und endlich Antheilnahme desselben an anderweitigen Krankheitsprocessen (Blutalterationen u. s. w.) setzen vorübergehende Veränderungen der psychischen Thätigkeiten, von leichten quantitativen Minderungen an bis zu eingreifenden Störungen des Bewusstseins, Delirium, Sopor u. s. w. 4) Wirkliche psychische Krankheiten sind häufig verbunden mit abnormen Zuständen des Gehirnes. 5) Mit vollkommener Entwickelung des Gehirns wächst bei den Wirbelthieren vielfach auch die Zahl der Triebe, Affecte und seelischen Anlagen überhaupt. 6) Das Gehirn scheint um so reizbarer zu sein, je höher die psychische Dignität der Thiere; beim Menschen ist es am vulnerabelsten.

Die obigen Beweismittel, von 3 an, haben freilich keine absolute Geltung; die Ausnahmen dürften übrigens häufig nur scheinbare sein. Es findet namentlich kein genauerer Parallelismus statt, weder zwischen der Intensität der materiellen Erkrankung des Gehirnes und den begleitenden psychischen Störungen, noch zwischen der Entwickelung des Gehirnes in der Wirbelthierreihe und der Ausbildung der Seelenthäthigkeiten. In einzelnen Fällen von sehr bedeutenden Degenerationen, ja selbst von enormen Verwundungen und Substanzverlusten des Gehirnes ist die Integrität der Psyche ausnahmsweise erhalten geblieben.

Der Einfluss der Grösse des Gehirnes wurde oft überschätzt. Der Caucasier bietet allerdings einen erheblich grösseren Durchschnittswerth des Gehirngewichtes als der Neger; die Gehirngewichte einer Reihe geistig begabter Männer aber, die Wagner neuerdings zusammenstellte, sind im Endmittel nicht höher als die wohl entwickelter Gehirne überhaupt. Manche Säugethiere haben ein grösseres absolutes, andere (Affen, auch einige Vögel) ein grösseres relatives (auf die ganze Körpermasse bezogenes) Hirngewicht als der Mensch.

539. Methodik der Hirnphysiologie.

In 108—109 wurden die, der Sensibilität und Motilität dienenden Leitungsbahnen im Gehirn, sowie diejenigen Organe des letzteren erwähnt, deren Reizung Schmerzen und (allerdings sehr vieldeutige) Bewegungen auslösen; in 380 die Function der Vierhügel als Centrum für die Pupillenverengerung, in 239 und 152 die Bedeutung des verlängerten Markes für die Athem- und Herzbewegungen. Ist schon die Ermittelung der motorischen und sensibelen Leitbahnen im Gehirn sehr schwierig, so werden die Hindernisse vollends unbesiegbar, wenn es sich handelt um die etwaigen Beziehungen der verschiedenen Hirntheile zu den einzelnen psychischen Leistungen, so dass die hier möglichen Untersuchungsmethoden viel geringere Ergebnisse liefern, als sie von vorneherein zu versprechen scheinen. Sie sind:

1) Die anatomische Methode: die Untersuchung der Massenentwickelung der einzelnen Hirntheile. Je entwickelter ein Hirntheil, desto intenser wird seine Function sein, ein Satz, der eine gewisse Geltung beanspruchen darf, wenn

man nicht vergisst, dass die Massenentwickelung nur ein Moment neben vielen anderen grossentheils unbekannten (chemische Zusammensetzung, Stoffwechselgrösse, circulirende Blutmenge u. s. w.) darstellt. Die comparativ-anatomische Methode sucht die absoluten und relativen Massenentwickelungen der verschiedenen Hirntheile mit den psychischen Leistungen der Thiere zu vergleichen. Die Erfahrung lehrt aber, dass das Schwinden einzelner Hirntheile in der Thierreihe keineswegs begleitet ist von einem Schwinden specifischer psychischer Leistungen.

Hieher gehört auch das Verfahren der sog. Phrenologie seit Gall, nach welchem es sogar äusserlich wahrnehmbare Merkmale für die Entwicklung der einzelnen Hirntheile geben soll, indem jede besonders starke oder schwache Massenentwickelung eines solchen sich durch eine stärkere Wölbung oder andererseits durch eine Abplattung oder selbst Vertiefung an dem entsprechenden Schedeltheil kundgebe. Letztere Behauptung hat bekanntlich nur eine höchst bedingte Geltung. Die Vergleichung der Schedelentwicklung verschiedener Menschen mit ihren, zudem ganz oberflächlich untersuchten, psychischen Charakteren, führte Gall auf die Annahme von 27 Organen des Gehirnes als Sitz bestimmter psychischer Leistungen. Diese peripherisch gelegenen „Organe" der Phrenologen haben mit den anatomischen Einzeltheilen des Hirnes natürlich nichts gemein.

2) Das physiologische Experiment. Man beobachtet die psychischen Zustände des Thieres nach Reizung, Durchschneidung, oder selbst völliger Ablösung bestimmter Hirntheile. Die Aufschlüsse führen nicht weit, weil 1) die Zeichen der Empfindungen oder willkürlichen Bewegungen an solchen verstümmelten Thieren oft sehr trügerisch sind und 2) derlei Eingriffe noch viele, meistens unbekannte Nebenwirkungen auf die betreffenden, sowie auch auf andere Hirnorgane bedingen. Letzteres gilt auch von der

3) Pathologischen Erfahrung, welche die Obductionsresultate von Hirnkranken mit den psychischen Störungen vergleicht, welche diese im Leben boten.

540. Ausschneidung einzelner Hirntheile.

Werden die Hemisphären des Grosshirns sammt den Streifenhügeln in Warmblütern ausgeschnitten (Magendie, Flourens, Longet, Schiff), so verfallen die Thiere in einen soporösen Zustand, wobei übrigens die vegetativen Functionen nicht wesentlich gestört sind. Die Empfindlichkeit der Cutis ist vollständig erhalten; nach Kneipen der Haut schreien die Thiere und bewegen sich heftig (allerdings sehr vieldeutige Erscheinungen). Auf intensive Schalle und Licht erfolgen keine Reactionen, wohl aber, wenn bitter schmeckende Substanzen auf die Zunge gebracht werden. Die Pupille bleibt übrigens nach Lichtreizen auf das Auge noch beweglich. Der Muskelsinn ist erhalten; die Thiere sitzen oder stehen zwar regungslos, aber doch ohne das Gleichgewicht zu verlieren; sie laufen gerade fort, wenn sie gestossen werden und fliegen, wenn man sie in die Luft wirft, ohne aber dabei einem Hinderniss, z. B. einer Wand, auszuweichen. Sie fressen nicht; bringt man aber Nahrungsmittel auf den Hintertheil der Zunge, so werden dieselben abgeschluckt. Durch

solche künstliche Fütterung konnten Vögel in einzelnen Fällen Monate lang erhalten werden; Säugthiere gehen aber in einigen Stunden zu Grunde.

Ein Schluss auf das Maass und den Umfang psychischer Thätigkeiten, die unter solchen Verhältnissen noch zurückbleiben, muss dem Leser überlassen und von den, einander widersprechenden, zum Theil sehr willkürlichen, Auslegungen der Autoren Umgang genommen werden.

Wird bloss die Grosshirnhemisphäre einer Seite im Säugthiere abgetragen, so bieten die Bewegungen beider Körperseiten keine auffallenden Unterschiede, oder, wenn solche anfangs bestanden, so schwinden sie bald wieder (Schiff). Dieses ist um so auffallender, als erheblichere Affectionen einer Grosshirnhemisphäre im Menschen sehr häufig Lähmung, und zwar auf der entgegengesetzten Körperseite, zur Folge haben.

Nach Entfernung des Kleinhirnes (Flourens, Wagner, Schiff) tritt in Vögeln kein soporöser Zustand ein, die Sinnesauffassungen bestehen fort, das Thier frisst selbständig, dagegen sind Gleichgewichtsstörungen vorhanden, schwankender Gang, allgemeines Muskelzittern, ferner zunehmende Neigung der Extremitäten (namentlich der hintern) zur Streckung, oder Verdrehung des Kopfes und Halses u. s. w. Man hat öfters das Kleinhirn als Coordinationsorgan der Körperbewegungen angesehen; Combette beobachtete ein 11jähriges Mädchen mit Mangel des Kleinhirns (es ist nicht entschieden, ob derselbe angeboren war oder langsam entstand) bei normal entwickeltem Grosshirn; die Sinnesauffassungen waren nicht beeinträchtigt, der Gang unsicher, und die intellectuellen Vermögen nur schwach entwickelt.

540ª. Psychische Funktionen der einzelnen Hirntheile.

Es giebt keinen Theil des Gehirnes, dessen Verletzung oder Erkrankung nicht irgend welche Störung des Seelenlebens nach sich ziehen könnte; andererseits aber auch keinen, bei dessen Entartung die Seelenthätigkeiten ihre Integrität nicht behaupten könnten. Doch zeigen die Thatsachen des vorigen §, viel überzeugender aber Erfahrungen an hirnkranken Menschen, dass die verschiedenen Gehirntheile den psychischen Thätigkeiten gegenüber nicht gleichwerthig sind. Eine Präponderanz des Grosshirnes für die höheren seelischen Funktionen ist nicht zu läugnen, dagegen können konstante oder auch nur vorwaltende Beziehungen einzelner Hirnorgane zu speciellen Formen und Richtungen des Seelenlebens nicht nachgewiesen werden. Das öftere Ausbleiben psychischer Störungen nach Erkrankungen bestimmter Hirntheile spricht wohl dafür, dass die einzelnen »Organe« einander gegenseitig »vertreten« können.

Die Bemühungen, den einzelnen Hirnorganen Beziehungen zu specifischen psychischen Thätigkeiten zuzuschreiben, wurzeln in althergebrachten psychologischen Anschauungen. Die psychischen Funktionen wurden nämlich in der Regel zurückgeführt auf eine bestimmte Anzahl von Grundkräften. Aristoteles z. B. stellte deren 5 auf, und seit den Aristotelikern des Mittelalters betrachtete man vielfach die Seele als ein Aggregat selbstständiger und von

einander an sich unabhängiger, wenn auch in äusseren Wechselwirkungen mit einander stehenden Vermögen. Dieser Ansicht gegenüber gewann immer mehr die Ueberzeugung Eingang von der Einheit und Untheilbarkeit der Seele, und so wenig man heute daran denkt, den einzelnen physiologischen Funktionen specifische Grundkräfte zu unterlegen, von einer »Verdauungskraft«, »Nervenkraft« u. s. w. zu reden, ebensowenig glaubt man, dass mit der Annahme besonderer Seelenkräfte als Erklärungsprincip der psychischen Vorgänge irgend etwas gewonnen sei. Das psychologische Raisonnement kann demnach, ebensowenig als die physiologische oder medicinische Erfahrung, der Annahme besonderer und zahlreicher Hirnorgane als Lokalitäten specifischer Seelenthätigkeiten günstig sein.

Es fehlt nicht an Solchen, welche den „Sitz der Seele" in eine ganz bestimmte Localität des Gehirnes, consequenterweise in einen unpaarigen Theil desselben, verlegten. Die metaphysischen Gründe für eine solche Annahme gehören nicht hieher, uns ist genug, dass die Erfahrung durchaus dagegen spricht; wir unterlassen desshalb die Aufzählung der Hirnorgane, die seit Descartes der Reihe nach wunderlicher Weise als ausschliesslicher Sitz der Seele betrachtet wurden.

541. Stoffwechsel im Gehirn.

Dass der Stoffumtrieb, sowie die chemische Constitution (s. 70) des Gehirnes innerhalb gewisser Grenzen sich bewegen müsse, wenn die psychischen Thätigkeiten normal von Statten gehen sollen, und dass umgekehrt die letzteren nicht ohne Einfluss auf die vegetativen Processe im Gehirn sein werden, versteht sich von selbst. Unser Wissen aber über die Wechselwirkungen zwischen den materiellen Zuständen des Gehirnes und den Seelenerscheinungen geht kaum hinaus über einige allgemeine Sätze, die zum Theil blosse Corollarien der Grundlehren der Physiologie der Ernährung darstellen. Die Vergleichung der chemischen Constitution der Gehirne verschiedener Thiere führt zu keinen, für die vorliegende Frage direkt verwendbaren Resultaten; nach v. Bibra haben höher organisirte Thiere fettreichere Gehirne. Ueber die Stärke und Qualität des Stoffumsatzes im Gehirn fehlen genauere Anhaltspunkte. Während beim Hungern und in vielen, mit Säfteverlusten verbundenen Krankeiten die Organe an Masse bedeutend verlieren und in ihrer chemischen Constitution wesentlich verändert werden, erleidet das Gehirn nur unbedeutende Veränderungen des Gewichtes und der chemischen Zusammensetzung; namentlich erfährt sein Fettgehalt keine wesentliche Beeinträchtigung (Bibra).

542. Blutcirculation durch das Gehirn.

Von besonderer Wichtigkeit ist die Blutcirculation durch das Gehirn.

Der arterielle Zufluss zum Gehirn geschieht bekanntlich durch 4 bedeutende Canäle, die beiden Carotides internae und die zwei Vertebrales. Die ersteren versorgen besonders den vorderen, die letzteren den hinteren Theil des Gehirnes. Die wichtige Anastomose des Willis'schen Cirkels verbindet sowohl die Hauptarterien der rechten und linken Gehirnseite, als auch das Carotiden- und Vertebralarteriensystem unter sich.

Das Hirnvenenblut hat sehr zahlreiche Auswege, wodurch Stauungen desselben

auf das Wirksamste vorgebeugt wird. Die venösen Abflüsse sammeln sich theils an der Oberfläche, theils in den Ventrikeln des Gehirnes, um sich sodann in grössere, gleich den Hirnvenen klappenlose, und unter sich mehrfache Communicationen bietende Canäle (Sinus) zu ergiessen. Die Sinus verlaufen innerhalb der Platten der harten Hirnhaut; dadurch werden sie einerseits vor äusserem Druck geschützt, andererseits aber auch unfähig sich auszudehnen. Bei Weitem das meiste Blut wird abgeführt durch die Jugulares internae, Fortsetzungen der Sinus transversi beiderseits. Von speciellem hämodynamischen Interesse sind die Sinuszusammenflüsse am sog. Torcular Herophili. Der Sinus longitudinalis superior mündet nämlich meistens in den Anfang des rechten Sinus transversus, der Sinus rectus dagegen, der besonders das Blut aus den Hirnkammern (Vena magna Galeni) zurückführt, in den Anfang des linken Sinus transversus. Die Ströme des Sinus longitudinalis und Sinus rectus stören sich demnach nicht und gehen an einander vorbei. Die Sinus transversi nehmen in ihrem weiteren Verlauf, bis zu dem Foramen jugulare beiderseits, das Blut fast aller Hirnsinus auf; sie stellen überhaupt einen Centralcanal dar, durch welchen fast alle Sinus direct oder indirect mit einander zusammenhängen und der unter Umständen selbst eine Umkehr der gewöhnlichen Stromrichtungen gestattet; so muss z. B. das Blut von der rechten Seite des Gehirns durch die linke Jugularis abfliessen können u. s. w.

Ausserdem stehen dem Hirnvenenblut noch folgende Abflüsse offen: 1) durch das grosse Hinterhauptsloch; die Hirnsinus sind, vermittelst der Sinus occipitalis posterior und anterior, in Verbindung mit dem Venengeflecht des Wirbelcanals; 2) unter Umständen durch die Fissura orbitalis superior; die beiden Venae ophthalmicae münden in den Sinus cavernosus ihrer Seite; endlich werden 3) durch mehrere kleinere Löcher der Schedelknochen, vermittelst der Vasa emissaria und 4) durch die Venen der Diploë der Schedelknochen Communicationen mit den äusseren Kopfvenen hergestellt.

Minderung der Blutzufuhr. Die Unterbindung einer Carotis ist nach zahlreichen chirurgischen Erfahrungen häufig ohne wahrnehmbare Folgen auf das Gehirnleben; in anderen Fällen wurden Störungen des Sehvermögens der betreffenden Seite, oder Ohnmacht sogleich nach dem Gefässverschluss, oder eine länger andauernde psychische Schwächung, ja selbst in einzelnen Fällen der Tod (als unmittelbare (?) Folge der geminderten Blutzufuhr) wahrgenommen. Die Unterbindung beider Carotiden, selbst wenn sie in zwei von einander ziemlich entfernten Terminen geschieht, ist immer von eingreifenden Symptomen begleitet. Nach Abbindung beider Vertebralarterien am Hunde beobachtete A. Cooper als Nächstwirkungen namentlich vermehrte Athem- und Pulsfrequenz, eine Folge der nunmehrigen Blutarmuth der Medulla oblongata. Vollständige plötzliche Absperrung der arteriellen Blutzufuhr zum Hirn bedingt sogleich Bewusstlosigkeit, Convulsionen und sehr schnell den Tod.

A. Cooper unterband einem Hund alle 4 Arterien innerhalb eines Tages; es traten Bewusstlosigkeit, Lähmung der einen Körperseite und Convulsionen auf; nach einigen Tagen aber erholte sich das Thier allmälig. Mehrere Anastomosen leiten dann die Circulation wieder ein; z. B. zwischen der unteren und oberen Arteria thyreoidea; zwischen der Cervicalis ascendens und Zweigen der Carotis externa. Nach Kussmaul und Tenner verfallen Kaninchen, wenn man die Carotiden, sowie die Art. subclaviae vor Abgang der Vertebrales, plötzlich comprimirt, sogleich in tiefe Ohnmacht, und allgemeine Convulsionen. Die Convulsionen stellen sich auch ein, wenn man vorher die Grosshirnhemisphären durchschnitten hat; sie sind besonders bedingt durch die Stockung der Circulation (nicht aber durch Blutleere) in mehreren Basaltheilen des Gehirns, der Crura cerebri, Pons u. s. w. Plötzlicher starker Blutverlust veranlasst ebenfalls Ohnmacht, Schwinden des Bewusstseins und Convulsionen.

Die Vermehrung der Blutzufuhr zum Gehirn verursacht Schwindel, Irrereden, Betäubung; auch auf Injection von venösem Blut in die Carotis

von Thieren folgen schwere Symptome und selbst der Tod (Bichat). Der Uebergang vieler Substanzen (Aether, manche Gase, Narcotica u. s. w.) in das Blut, überhaupt alle eingreifenderen Alterationen der Blutbeschaffenheit, verändern die Hirn- und Seelenfunktionen. Alle diese Thatsachen zeigen, dass das Gehirn nicht bloss einen bedeutenden Stoffumsatz (namentlich von absorbirten Gasen) bietet, sondern auch in hohem Grade empfindlich ist gegen viele Veränderungen der Blutbeschaffenheit.

543. Hirn- und Rückenmarksflüssigkeit.

Die, besonders von Contugno und Magendie untersuchte Cerebrospinalflüssigkeit erfüllt die Hirnhöhlen und umgiebt die ganze freie Oberfläche des Gehirnes und Rückenmarks. Dieselbe zeigt die allgemeinen Charaktere der serösen Flüssigkeiten, sie reagirt alkalisch und führt 1 bis 2 % Fixa (namentlich Eiweiss und grössere Mengen unorganischer Bestandtheile).

Man unterscheidet 1) den Liquor subarachnoideus. Dieser umspült die Cauda equina, das Rückenmark, Gehirn und die Ursprünge aller Nerven; er befindet sich besonders in den Lücken zwischen der Arachnoidea und Pia mater und zwar in der Schedelhöhle namentlich zwischen dem verlängerten Mark und Kleinhirn, und an der Hirnbasis zwischen dem Vorderrand der Brücke und dem Chiasma opticum, sodass besonders das Infundibulum davon umspült wird. 2) Der Liquor intraventricularis ist, in viel kleineren Mengen, in den seitlichen, sowie dem 3. und 4. Ventrikel enthalten. Das Foramen Monroi und der Aquaeductus Sylvii vermitteln die Communication des Wassers dieser verschiedenen Räume, sowie auch nach Magendie der Liquor intraventricularis mit dem Liquor subarachnoideus frei communicirt durch eine an der Spitze der Schreibfeder des verlängerten Markes befindliche, etwa 3 Linien grosse Oeffnung des unteren Gefässhautvorhanges der Pia mater, welche sichtbar wird, wenn man die Läppchen des unteren Wurmes etwas aufhebt. Die Flüssigkeit, deren Menge Magendie auf etwa 60 Gramme schätzte, ist ein Schutzmittel für das Gehirn und Rückenmark. Wird die harte Hirnhaut, namentlich zwischen dem Hinterhauptsbein und Atlas angestochen, so läuft die Flüssigkeit in einem Strahl aus. Das Gehirn und Rückenmark ist also einem nicht unbedeutenden Druck von Seiten des Liquor cerebrospinalis ausgesetzt.

544. Hirn- und Rückenmarksbewegungen.

An der grossen Fontanelle des Säuglings, in der Knochenlücke von Trepanirten, beim pathologischen Schwund der Knochensubstanz an einer Stelle des Schedels, bemerkt man rhythmische Bewegungen in Form abwechselnder Hebungen und Senkungen der Hirnhäute. Die Meningen des Rückenmarks bieten in Kindern mit Spina bifida (einer Missbildung mit fehlenden Dornfortsätzen der Wirbel) eine ähnliche Erscheinung. Man unterscheidet 1) die arterielle Hirnbewegung. Die grossen Arterien des Schedelgrundes, namentlich Carotis interna

und Basilaris, dehnen sich aus während der Ventrikelsystole, erheben das Gehirn ein wenig und drücken die Hirnhäute in die Knochenlücke ein. Diese, mit dem Arterienpuls synchronischen, Bewegungen fehlen in kleinen Thieren und sind auch an grossen im Rückenmark nicht mehr deutlich wahrnehmbar. Viel stärker dagegen ist 2) die respiratorische Hirnbewegung, namentlich bei tiefen und zugleich hastigen Athemzügen. Während der Ausathmung heben, zur Zeit der Einathmung aber senken sich die Hirn- und Rückenmarkshäute. Die Hebung hängt ab von der am Anfang der Exspiration erfolgenden Vermehrung des arteriellen Zuflusses und der gleichzeitigen Minderung des venösen Rückflusses aus dem Gehirn; die Senkung erklärt sich durch die Umkehr dieser mechanischen Bedingungen während der Inspiration.

Im normalen Schedel, der überall geschlossen ist, kann ein solches Ausweichen der Hirnhäute natürlich nicht vorkommen, wohl aber ist gestattet 1) in geringem Grade einige Verschiebung von Hirnwasser innerhalb der Schedelhöhle und 2) das Ausweichen einer kleinen Menge Hirnwasser in den Subarachnoidalraum des Rückenmarkes, dessen Häute einer schwachen Ausdehnung fähig sind. Daraus folgt, dass der Blutvorrath des Gehirnes nur insofern zu- oder abnehmen kann, als namentlich die Menge des Liquor cephalicus entsprechend sinkt oder wächst.

Das Gehirn ist in höherem Grade als die meisten übrigen Körperorgane vor starken Variationen seiner Blutfüllung geschützt und es ist wahrscheinlich, dass bei Steigerung oder Minderung des Stoffwechsels des Hirnes der Blutvorrath desselben viel weniger als die circulirende Blutmenge Abänderungen erfährt. In kleinen Kindern mit nachgiebigen Fontanellen muss dagegen der Blutvorrath des Hirnes mehr wechseln, ohne Zweifel eine von den Ursachen, warum gerade in dieser Lebensperiode Gehirnsymptome so gerne zu sehr verschiedenartigen Krankheiten sich gesellen.

545. Psychischer Process und Hirnthätigkeit.

Die Grundfrage, bei welcher Physiologie und Psychologie auf halbem Wege sich begegnen, nämlich: in welchem Verhältnisse steht der psychische Process überhaupt zur Hirnthätigkeit, ist von jeher in sehr verschiedener Weise beantwortet worden. Die spiritualistische Hypothese nimmt zwischen dem Seelischen und Materiellen einen wesentlichen Gegensatz an. Die Seele ist ein von der Materie durchaus Verschiedenes, ihrem innersten Wesen nach betrachtet, für sich Bestehendes und mit dem Leib, trotz vielfacher Wechselbeziehungen, nur »äusserlich« verbunden. Die materialistische Hypothese dagegen läugnet das Vorhandensein eines besonderen Seelischen; die psychischen Erscheinungen sind lediglich Effekte von im Hirn ablaufenden physiologischen Processen; psychische Thätigkeit ist nichts anderes als Hirnfunktion, beide verhalten sich wie Wirkung und Ursache. So sagte, um einen prägnanten Ausdruck für diese Anschauung anzuführen, Cabanis, »um sich eine genaue Vorstellung zu machen von den Operationen, aus welchen der Gedanke hervorgeht, muss man das Hirn betrachten als ein specifisches Organ, befähigt, den Gedanken zu er-

zeugen, gerade wie der Magen und die Gedärme die Verdauung bewirken, wie die Leber die Galle aus dem Blute filtrirt.«

Der Spiritualismus ist natürlich ausser Stand, sich irgend welche Vorstellung zu bilden 1) von den Wechselbeziehungen zwischen Leib und Seele (wie soll ein Immaterielles, d. h. ein den Gesetzen der Körperwelt Entzogenes, auf das Materielle einwirken und umgekehrt vom Letzteren Anstösse empfangen?) und 2) von den Schicksalen der Seele, wenn der Leib, mit dem sie verbunden ist, zerfällt. Hierin bietet der Materialismus im Princip keine Schwierigkeiten; wohl aber beginnen diese sogleich, wenn es sich auch nur um den ersten, noch so kleinen Schritt auf diesem Gebiet handelt. Liegt schon zwischen niedereren psychischen Vorgängen, z. B. den sinnlichen Empfindungen des Roth, des Bittern u. s. w. und den, diese Empfindungen unmittelbar erregenden Nervenprocessen, eine unausfüllbare Kluft; sind wir, also schon da, wo die Seele notorisch angeregt wird von einem bestimmten Aeusseren, nicht entfernt im Stande, einzusehen, wie die hier unläugbar vorhandene besondere materielle Bewegung im Hirn umgesetzt wird in diese besondere Form von Empfindung; was nützt es uns dann, auch die höheren, von der Aussenwelt zunächst unabhängigen Leistungen der Seele, die Vorstellungen, Begriffs- und Urtheilsbildungen, in ihrer unendlichen Vielheit, als Resultate von ebenso vielen correspondirenden Bewegungen der Hirnsubstanz anzusehen! Der seelische Vorgang ist demnach schlechterdings nicht vergleichbar mit irgend einem physischen Vorgang, also nicht erklärlich aus materiellen Veränderungen im Gehirn. Wenn mit veränderten Zuständen des Hirns (538) auch die psychischen Funktionen vielfach anders sich gestalten, so beweist das eben nur, dass — was Niemand läugnet — die Seele bestimmbar ist vom Gehirn aus, und dass die Intensität, Klarheit u. s. w. des psychischen Processes abhängen kann von Zuständen des Gehirnes. Aber alle diese Momente, welche der Materialismus so sehr betont, die Blutzufuhr, die chemische Constitution, der Grad und die Art des Stoffwechsels, kurz sämmtliche physische Charaktere und Vorgänge im Hirn, sie sind bloss von modificirendem Einfluss auf die Seele, nun und nimmermehr aber stellen sie die wahren, zureichenden, nächsten Ursachen der Seelenerscheinungen selbst dar. Ist der Materialismus somit nicht im Stande, Seelisches und Materielles wissenschaftlich zu vermitteln, so entrückt sich der Spiritualismus geradezu der Beurtheilung der Naturwissenschaft, die es ja nur mit sinnlichen Dingen und deren begrifflichen Ableitungen zu thun hat. Diese Fragen sind jeder eindringlicheren naturwissenschaftlichen Analyse unzugänglich; ihre Verfolgung auf apriorischem oder gar dem, uns vollständig fremden, rein speculativen Weg, gehört nicht hieher.

546. Wechselwirkungen zwischen Seele und Organismus.

Von den drei Hauptformen der psychischen Thätigkeit: Empfindung, willkürliche Bewegung und Vorstellung, wurden die beiden ersteren, sammt ihren

somatischen Bedingungen, in früheren Abschnitten abgehandelt; wir betrachten hier vorzugsweise die Einflüsse, welche die Vorstellungen auf den Körper ausüben und umgekehrt die Bestimmungen, welche die Seele vom Gesammtorganismus empfängt.

Die Wechselbeziehungen zwischen Seele und Körper werden vermittelt durch das Gehirn und die Nerven; ausserdem aber beeinflusst der Körper das Gehirn auch vermöge des durch letzteres strömenden Blutes. Diese beiderseitigen Einwirkungen sind, wenigstens insofern sie manifeste Wirkungen setzen, entweder excitirend, fördernd, oder deprimirend, hemmend. Wohlbefinden des Körpers unterstützt den Gang der psychischen Thätigkeiten, wogegen diese durch zahlreiche Krankheitszustände beeinträchtigt werden. Andererseits hat auch die Seele, je nach ihren Stimmungen, entsprechende Begleitzustände des Körpers zur Folge. Zwischen beiden, mannigfaltiger quantitativen Abstufungen fähigen Extremen liegt ein neutrales Gebiet, d. h. jene zahlreichen Zustände des Körpers, welche das psychische Verhalten nicht, oder doch nicht merklich beeinflussen und umgekehrt. Die hauptsächlichsten Bestimmungsglieder bei diesen Wechselwirkungen sind:

I. Intensität des primären Processes. Je stärker die psychische Bewegung, um so leichter stellen sich begleitende oder nachfolgende somatische Wirkungen ein, und um so stärker und ausgebreiteter werden dieselben. Andererseits wächst mit zunehmender Intensität der somatischen Bewegung der secundäre psychische Effekt; leichte Schmerzen z. B. verändern nur wenig, heftige dagegen sehr bedeutend das psychische Verhalten.

II. Qualität des primären Processes. Bestimmte Seelenzustände lösen mit Vorliebe gewisse körperliche Wirkungen aus, und umgekehrt. Solche specifische Wirkungen treten um so sicherer auf, je intenser der primäre Process und je mehr bei demselben unser eigenes Ich betheiligt ist. Das ruhige objektive Denken einerseits alterirt den Körper, die einfache Sinnesempfindung andererseits die Seele verhältnissmässig nur wenig, während starke Gemeingefühlsempfindungen die Seele specifisch anregen und intense Affekte und Leidenschaften den Körper auf's Heftigste erschüttern. Manche Affekte weisen eine grosse Regelmässigkeit in ihren körperlichen Reflexen auf, während andererseits viele specifische Stimmungen der Seele, sog. »psychische Gefühle«, veranlasst werden durch bestimmte Nervenerregungen. Gewisse Organe bieten sogar konstante Wechselwirkungen mit der Seele, so namentlich die Speicheldrüsen, der Magen und die Geschlechtstheile. Sie erregen nämlich intense, auf ihre Funktionen bezügliche Vorstellungen, Affekte und Leidenschaften, während umgekehrt analoge Vorstellungen wieder rückwirken auf die betreffenden Organe selbst.

III. Erregbarkeit des abhängigen Theils. Die psychische Receptivität für somatische Eindrücke wechselt in hohem Grade nach der Individualität und nach den vorübergehenden Gemüthsstimmungen; dessgleichen können psychische Bewegungen derselben Art in verschiedene somatische Wirkungen um-

schlagen. Besonders zugänglich für psychische Reflexe sind die Organe, wenn sie im Maximum ihrer Thätigkeit oder in gewissen pathologischen Zuständen sich befinden. Desshalb sind Gemüthsbewegungen eine zahlreiche Quelle von Verschlimmerungen und Recidiven in Krankheiten und von den Kranken sorgfältig abzuhalten. Durch längere Dauer und häufige Wiederkehr können übrigens die somatischen Wirkungen vieler Affekte bedeutend geschwächt werden.

Die Alten haben die Wechselbeziehungen zwischen Seele und Körper, namentlich die materiellen Bedingungen des psychischen Verhaltens, zu dogmatisch aufgefasst, z. B. in der Lehre von den Temperamenten. Neuerdings haben besonders J. Müller und Domrich die Rückwirkungen des Vorstellens auf somatische Organe einer ausführlichen physiologischen Analyse unterworfen.

547. Körperliche Einflüsse auf die psychischen Thätigkeiten.

Die Gemeingefühle sind hier allen anderen Ursachen voranzustellen; ihr tiefgreifender Einfluss auf das psychische Verhalten wurde schon in 463 angedeutet. Das Gefühl des Wohlbefindens (470), ein allgemeines Muskelgefühl, fördert in hohem Grade den Gang der psychischen Thätigkeiten. Es begünstigt die Operationen des Verstandes, gestattet intensives und anhaltendes Denken, verleiht der gemüthlichen Stimmung eine, mit der Individualität harmonische Richtung; es vermehrt unser Selbstgefühl, disponirt für freudige Gemüthsbewegungen, und deren Steigerungen zu excitirenden Affekten: Heiterkeit, Lustigkeit, Entzücken, Hoffnung, Muth u. dgl., welche dann ihrerseits wieder fördernd zurückwirken auf die somatischen Verrichtungen. Das Gefühl des Uebelbefindens, der Abgeschlagenheit u. s. w. stört die Operationen des Verstandes; die Ideenassociation ist herabgesetzt; wenige Vorstellungen beschäftigen den Menschen; in den höheren Graden stellt sich nicht bloss Unlust, sondern geradezu Unfähigkeit zum Denken ein. Die gemüthliche Stimmung nimmt den Charakter der Depression an; traurige Gemüthsbewegungen und Affekte herrschen vor, von leichter »Verstimmung« bis zu den intenseren Zuständen des Kummers, Grames u. s. w.; man ist zu Sorge, Furcht, Angst disponirt; Verdruss, Aerger und analoge Affekte treten bei geringfügigen Veranlassungen auf. Diese deprimirenden Beeinflussungen der Seele durch den Körper sind um so stärker, je lebhafter die veranlassenden Gemeingefühle sind und je mehr dieselben Organe treffen, die gewöhnlich uns keine Empfindungen verschaffen (Brust- und Unterleibsorgane). Jedes Gemeingefühl hat endlich als solches etwas Specifisches oder bezieht sich auf einen besonderen Körpertheil; desshalb geben viele Gefühle der Art, z. B. Schwindel, Hunger, Ekel, den Vorstellungen und dem gesammten psychischen Verhalten noch ganz besondere Richtungen.

Die objektiven Sinnesempfindungen lassen häufig die Individualität des Empfindenden unbetheiligt; sie sind übrigens ebenfalls im Stande, den Empfindenden auf das Vielfachste, namentlich gemüthlich anzuregen, wenngleich ihr Einfluss nicht so tief reicht, als der der Gemeingefühlssensationen

(traurige und fröhliche Melodien, excitirende und deprimirende Farben, Lichtmengen u. s. w.).

Endlich beeinflusst der Körper die Seelenthätigkeiten in bemerkenswerther Weise vermöge der Beschaffenheit des durch das Gehirn fliessenden Blutes. Die gehörige Zufuhr von arteriellem Blut, also namentlich von Sauerstoff, zum Hirn ist eine Bedingung der freien Entfaltung der psychischen Thätigkeiten. Viele Blutveränderungen, namentlich stark venöse Blutbeschaffenheit, Anwesenheit gewisser Produkte des pathologischen Stoffwechsels, sowie der Uebergang von Spirituosen, Narcotica u. s. w. in das Blut, können die psychischen Funktionen in hohem Grade verändern.

Geringe Gaben Narcotica und Spirituosa veranlassen psychische Gefühle und Affecte mit dem Charakter der Excitation, Freude, Fröhlichkeit u. s. w.; sie befördern die Association der Ideen und zwar besonders der phantastisch-plastischen Vorstellungen, viel weniger dagegen das abstracte Denken, dem sie sogar meist hinderlich sind. In stärkeren Graden der Wirkung werden die immer noch lebhaften Vorstellungen unregelmässig, selbst bizarr, und erhalten fast noch intensivere sinnliche Färbungen. Die stärksten Grade aber sind von vollständigem Verlust des Bewusstseins, heftigen Delirien und endlich tief soporösen Zuständen begleitet.

548. Einfluss der Vorstellungen auf die Sinne.

Unsere Vorstellungen, ganz besonders diejenigen sinnlicher Dinge, sind behaftetet mit den Attributen der Sinnlichkeit; unsere Gedanken werden also auch beim vollständigen Abschluss der Sinnesreize gewissermaassen von Surrogaten der Empfindungen begleitet, welche unter Umständen eine gewisse Deutlichkeit gewinnen und selbst in förmliche Empfindungen übergehen.

Man unterscheidet: 1) Einfach sinnliches Vorstellen, z. B. von Farben, Formen, Tönen. 2) Sinnliches Erinnern, d. h. das Vorstellen früher gehabter specieller Sinnesempfindungen, bezüglich der Formen z. B. sehr lebhaft bei bildenden Künstlern. 3) Phantastische Vorstellungen. Sie bestehen weder in Wiederholungen früherer Sinnesempfindungen, noch in ganz neuen Schöpfungen. Sie sind vorzugsweis ausgestattet mit den Qualitäten der Sinnlichkeit, mit prächtigen Farben, enormen Dimensionen, auffallenden Formen. Hieher gehören viele sinnlichen Traumvorstellungen. 4) Aber nicht bloss sinnliche, sondern auch höhere Vorstellungen sind begleitet von manchfaltigen Anklängen der Sinnlichkeit; die Produktion vieler abstrakten Begriffe verbindet sich häufig mit verwandten sinnlichen Vorstellungen. Das gesammte Denken erfolgt in gehörten Sprachlauten.

Am bevorzugtesten ist beim sinnlichen Vorstellen der Seh- und Hörsinn, viel weniger das Getast. Geruch und Geschmack stehen auch hierin weit zurück. Es können auch Gemeingefühlsempfindungen und ganz ausnahmsweis selbst Schmerzen durch sehr lebhafte Vorstellungen erregt werden. Die sinnlichen Vorstellungen sind in der Regel ausserordentlich viel schwächer und blässer als die entsprechenden Sinnesempfindungen, nur die sinnlichen Traumvorstellungen können unter Umständen einen bemerkenswerthen Grad von Lebhaftigkeit ge-

winnen und selbst nach dem Erwachen einige Augenblicke als verblassende Nachempfindungen fortbestehen (Gruithuisen).

Die sinnlichen Vorstellungen beruhen keineswegs auf Energieen der peripheren Sinnesnerven, denn auch bei Blind- und Taubgewordenen fehlen Gesichts- und Gehörvorstellungen nicht, obschon sie mit zunehmender Dauer des Defektes dieser Sinne immer seltener und schwächer werden. Bei in früher Jugend Erblindeten hören die Gesichtsvorstellungen endlich ganz auf. Der Vorgang des sinnlichen Vorstellens ist kein in der Seele einseitig ablaufender Akt, sondern er ist begleitet von physiologischen Processen in den Nervencentren; von welcher Natur diese aber sind, wie sie sich verhalten zum psychischen Akt des Vorstellens, sowie zu den, die objektiven Empfindungen veranlassenden Nervenprocessen, ist unbekannt. Die hieher gehörigen Sinnestäuschungen s. 317.

549. Einfluss der Vorstellungen auf die Muskeln.

Die motorischen Nerven und Muskeln sind in höherem Grade und in konstanterer Weise abhängig von Zuständen der Seele, als die übrigen Systeme des Organismus überhaupt und die sensibelen Nerven insbesondere. Sehen wir ab von den rein willkürlichen Bewegungen — bei welchen die Abhängigkeit der Muskeln von der Seele sich von selbst versteht — so sind folgende Verhältnisse zu unterscheiden:

1) Die psychischen Einflüsse auf den Muskelzustand überhaupt. Alle deprimirenden Vorstellungen, Affekte und Leidenschaften setzen die Muskelkraft mehr oder weniger herab; die Gesichtszüge werden schlaff, das Auge starr, die Stimme schwach, die Beine tragen den Rumpf weniger gut, die gewollten Bewegungen geschehen schwach, selbst zitternd und ungenau. Die excitirenden Vorstellungen und Affekte dagegen erhöhen die Leistungsfähigkeit der Muskeln; die gewollten Bewegungen gehen kräftig und schnell von Statten und sind häufig von Mitbewegungen begleitet; die Athembewegungen sind gesteigert, die Gesichtszüge nehmen bestimmte prägnante Charaktere an. Die meisten Gemüthsbewegungen, excitirende wie deprimirende, vermehren die Zahl der Herzschläge und zwar um so mehr, je plötzlicher und je heftiger sie auftreten.

2) Bewegungen nach Vorstellung von Bewegungen. Vorstellungen einer Bewegung veranlassen in uns sehr häufig Erregungen der betreffenden Muskulatur und zwar von bloss leichten Muskelinnervationen an, welche höchstens Spuren schwacher Muskelgefühle verursachen, bis hinauf zur Ausführung starker, energischer Bewegungen selbst. Die einzelnen Muskelgruppen sind übrigens diesen psychischen Einflüssen in sehr verschiedenem Grade ausgesetzt oder zugänglich, am meisten die Muskeln des Gesichtes, des Bodens der Mundhöhle, (die Vorstellung von Gähnen reflektirt sich regelmässig auf diese Muskeln) und die Athemmuskeln. Solche Bewegungen treten leichter ein, wenn sich die betreffenden Vorstellungen auf unseren eigenen Körper beziehen.

Ausserdem werden die automatischen Bewegungen durch psychische Zustände mannigfaltig beeinflusst. Jede Vorstellung von Athembewegungen verändert sogleich unsere eigene Respirationsrhythmik; sind wir im Gehen begriffen, so werden unsere Schritte augenblicklich etwas verändert, wenn unsere Vorstellungen dem Gehen überhaupt sich zuwenden. Endlich können solche maschinenmässig ausgeführten Bewegungen vorübergehend sogar zum Stillstand kommen, wenn irgend ein, uns stark beschäftigender Gedanke auftaucht; wir bleiben dann plötzlich stehen beim Gehen, wir hören auf mit einer Handarbeit u. s. w.

3) Vorstellungen von Dingen und Körperzuständen, die mit bestimmten Bewegungen gewöhnlich verknüpft sind, lösen solche Bewegungen aus. Die Vorstellung ekelhafter Dinge kann Ekel, d. h. anomale Bewegungen der Muskeln des Hintermundes und Schlundes nach sich ziehen. Hieher gehören auch die, entweder nur angedeuteten oder selbst leise und schwach ausgeführten Bewegungen der Stimm- und Sprechwerkzeuge, welche unsere Vorstellungen gehörter Sprachlaute, überhaupt unser Denken, so häufig begleiten.

4) Die bisher behandelten Erscheinungen im Muskelsystem haben an sich — wenn auch die innere Mechanik und somit die Nothwendigkeit der Vorgänge selbst nicht aufgeklärt ist — nichts Auffallendes und erscheinen uns fast als natürliche Begleiter der Seelenzustände. Es gibt aber noch zahlreiche Vorstellungen, die sich nicht, oder bei Weitem nicht ausschliesslich, auf Muskeln und Bewegungen beziehen und die gleichwohl bestimmte Zustände im Muskelsystem mit einer gewissen Gesetzmässigkeit auslösen: nämlich Veränderungen des Blickes und Gesichtsausdruckes, sowie gewisse Stellungen und Bewegungen des Körpers und der Gliedmaassen. Vieles hieher Gehörige lässt keine kurze Darstellung zu, wir beschränken uns desshalb auf die

550. Mimischen Bewegungen.

Man hat häufig die Configuration des Antlitzes, insofern sie auf der Entwickelung der Knochen und stabilen Weichtheile beruht, in Zusammenhang mit bestimmten seelischen Vermögen gebracht, eine Ansicht, die, so vielfach sie auch von nicht naturwissenschaftlich Gebildeten getheilt wird, im Grund kaum etwas besser ist, als die alte Chiromantik und Metoposcopie und die moderne sog. Phrenologie. Dagegen stehen die Muskeln als nicht stabile Theile, in hohem Grade unter dem Einfluss der Seele, indem dieselben, je nach ihren Ruhe- und Thätigkeitszuständen dem Antlitz auf das Schnellste die verschiedensten Formen verleihen.

1) Je thätiger die Seele, desto ausdrucksvoller ist das Gesicht. Desshalb ist das Antlitz des Idioten ausdruckslos und auch das des Schlafenden von der Art, dass (selbst die Träume nicht ausgenommen) auf Abwesenheit intenser psychischer Processe geschlossen werden darf. Darum bietet auch das Kind nur

wenige Wechselzustände seines Antlitzes, die erst mit zunehmender seelischer Entwicklung immer zahlreicher und ausgeprägter werden. Dabei sind aber nicht bloss unsere eigenen psychischen Bewegungen maassgebend, sondern sehr vielfach auch das, was wir an den Mienen der Nebenmenschen absehen. Am Blinden verliert sich in der That das Mienenspiel immer mehr.

2) Bestimmte mimische Bewegungen sind mehr oder weniger konstante Begleiter bestimmter psychischer Bewegungen.

An und für sich erfolgen die mimischen Bewegungen unbewusst, bei vielen Menschen aber werden sie im Verlauf der Erziehung absichtlich entweder feiner ausgebildet oder auch mehr oder weniger unterdrückt. Sie ermöglichen desshalb in vielen Fällen sichere Schlüsse auf die jeweiligen psychischen Vorgänge selbst; sie erläutern den Sinn der gesprochenen Worte und verstärken bedeutend deren Eindruck.

3) Die häufige Wiederholung derselben Bewegung bringt die betreffenden Muskeln zu stärkerer Entwicklung, wodurch das Antlitz auch im ruhigen Zustand nach und nach einen bleibenden Typus, als mehr oder weniger specifischen Ausdruck eines bestimmten geistigen Charakters gewinnt.

4) Die mimischen Bewegungen unterstützen, namentlich vermöge der durch sie bedingten Muskelgefühle, entschieden die Auffassung und Beurtheilung unserer eigenen Seelenzustände. Ja noch mehr, gewisse Lagen der Theile unseres Gesichts veranlassen sogar gewisse Seelenstimmungen, und die letzteren verschwinden leichter, wenn die Lage jener Theile geändert wird, z. B. wenn wir mit der Hand die Runzeln der Stirn glätten und damit das durch die Thätigkeit des M. frontalis bedingte Gemeingefühl beseitigen.

5) Die mimischen Bewegungen befriedigen ein somatisches, wie psychisches Bedürfniss. Verziehen des Gesichtes und Schreien z. B. sind nicht bloss Begleiter, sondern auch Erleichterungsmittel heftiger Schmerzen. Unterdrücktes Lachen kann bei fortbestehenden adäquaten Vorstellungen unangenehme Muskelgefühle hervorrufen.

6) Viele der durch angenehme Vorstellungen, Affekte u. s. w. ausgelösten mimischen Bewegungen gleichen denjenigen Bewegungen der Gesichtsmuskeln, welche angenehme Gemeingefühle oder harmonische objektive Sinnesempfindungen begleiten. Derselbe Parallelismus besteht zwischen unangenehmen, deprimirenden Vorstellungen und disharmonischen Sinneserregungen. Im ersten Fall z. B. zeigt der Mund den Ausdruck einer süssen Geschmacksempfindung oder das Antlitz überhaupt den einer angenehmen Geruchssensation; im zweiten Fall stellt sich der Ausdruck eines bitteren Geschmacks u. s. w. ein. Es finden also bei den Vorstellungen gewissermaassen imaginäre, adäquate Mitempfindungen der Sinnesorgane statt.

7) Zahlreiche mimische Bewegungen beziehen sich auf imaginäre sinnliche Objekte, die wir gewissermaassen an die Stelle unserer Vorstellungen setzen. Z. B. wer Interesse hat für das, was um ihn vorgeht, wer genau beobachten, wer handeln will, fixirt die Objekte bestimmt und anhaltend. Der geistesrege, willenskräftige, entschlossene Mensch, der Vertrauen zu sich hat, bietet einen

festen Blick; wogegen der unstäte Blick auf Theilnahmlosigkeit, Unlust oder Unfähigkeit zum anhaltenden Nachdenken, Mangel an Vertrauen in sich, Schuldbewusstsein deutet. — Selbst das ruhige objektive Denken ist von mimischen Bewegungen begleitet, als wolle man die, zu sinnlichen Objekten gemachten, Vorstellungen festhalten, und als habe man zugleich eine starke mechanische Arbeit auszuführen (z. B. Aneinanderpressen der Zahnreihen, Zusammenkneifen der Lippen, Spannung der Augenmuskeln wie zum Fixiren der Objekte, Runzeln der Stirn, überhaupt grössere Innervation der Gesichtsmuskeln wie beim Heben einer Last u. s. w.). Dazu gesellen sich noch Bewegungen mit Händen und Fingern, gleichsam als stelle man die gedachten Objekte vor sich hin, als wende man sie um, deute auf ihre verschiedenen Theile u. s. w. — Der Zornige reisst die Augenlider auf, die Augen blicken starr, die Zähne werden zusammengepresst, die Füsse stampfen auf den Boden, die Faust ballt sich u. s. w., also auch hier lauter Bewegungen, wie zum Angriff oder zur Vertheidigung gegen imaginäre sinnliche Objekte.

Die unter 6 und 7 hervorgehobenen Momente, welche die betreffenden Vorgänge aus, als analog angenommen, anderweitigen Erscheinungen zu motiviren suchen, sind namentlich von J. Müller und Piderit für die Analyse der speciellen mimischen Bewegungen verwerthet worden; von einer Darlegung der organischen Nothwendigkeit, der strengen Gesetzmässigkeit dieser Bewegungen kann freilich keine Rede sein.

Gewisse Muskeln des Auges, Antlitzes und Unterkiefers stehen in höherem Grad und häufiger, als die übrigen Muskeln jener oder anderweitige Körperstellen unter dem Einfluss specifischer Seelenzustände. Hier kann nur auf einige mimische Bewegungen des Blickes und Mundes eingegangen werden.

551. Mimik der Augen.

Der Musc. frontalis zieht Stirnhaut und Augbraue in die Höhe, legt die Stirnhaut in Querfalten und unterstützt, indem er auch das Auglid erhebt, den Levator palpebrae superioris. Beide Muskeln wirken synergisch; sie öffnen das Auge weit und anhaltend, wodurch das Antlitz den Ausdruck von Aufmerksamkeit überhaupt gewinnt. Schwache Contractionen derselben, namentlich des Frontalis, drücken Interesse, Neugierde, Gutmüthigkeit, angenehme Vorstellungen überhaupt aus, und verleihen dem Gesicht einen heiteren Ausdruck. Stärkere Contractionen begleiten die Verwunderung, die stärksten die angenehme Ueberraschung oder den Schauder und Schreck.

M. m. corrugatores supercilii nähern die inneren Enden beider Augbrauen und ziehen dieselben etwas herab, erleichtern den Augenverschluss und legen den mittleren Theil der Stirnhaut in Längsfalten. Je nach seinem Thätigkeitsgrad verengert der Orbicularis palpebrarum die Augenspalte, oder schliesst sie einfach oder unter Bildung zahlreicher und starker Faltungen der Auglider und der benachbarten Hautparthieen. Diese Bewegungen treten ein bei zu starkem Licht und sonst auch bei widrigen Erregungen der Sinne, Schmerzen, unangenehmen oder schwierigern Vorstellungen (Längsfaltungen der Stirnhaut!). Verrengung der Augenspalte vorzugsweis durch Senkung des obern

Lids (Nachlass der Wirkung des Levators) drückt Schläfrigkeit, Theilnahmlosigkeit Mangel an Vorstellungen aus. Der Corrugator und Orbicularis sind demnach die mechanischen und psychischen Antagonisten der beiden erstgenannten Muskeln.

Die Physiognomik des Blickes wird bestimmt 1) durch den Glanz der Augen (saftreiche Bulbi mit bedeutendem Stoffwechsel und starker, die Lichtreflexion begünstigender Spannung der Hornhaut verleihen den Ausdruck geistiger Lebhaftigkeit); 2) die Grösse der Augenspalte (s. o.); 3) die Richtung des Augapfels (erhebende Vorstellungen und Affecte erheben, deprimirende senken die Augenaxe, stark excitirende z. B. Zorn, Wuth, stellen dieselbe horizontal); 4) die Schnelligkeit und den sonstigen Verlauf der Augenbewegungen; 5) die begleitenden Bewegungen des Kopfes, welche harmonisch oder disharmonisch (z. B. versteckter Blick bei gesenktem Kopf) mit den Bewegungen und Stellungen der Augen geschehen können; ganz besonders aber 6) die von J. Müller näher gewürdigten Stellungen beider Sehaxen. Erhebende Vorstellungen und Affecte fordern ein grosses imaginäres Sehfeld und begünstigen geringe Convergenzen oder selbst den Parallelismus der Sehaxen. Phantasiereiche Menschen haben einen Blick in die Weite. Die deprimirenden Affecte dagegen rufen die Tendenz hervor zur Verringerung des imaginären Sehfeldes und verleihen den Sehaxen eine starke Conzergenz.

552. Mimik des Mundes.

A) Mundverschluss.

In der Gleichgewichtslage der Mundmuskeln ist der Mund geschlossen, die Mundlinie hat einen wellenförmigen Verlauf, und die Zahnreihen stehen einander sehr nahe oder berühren sich, jedoch ohne Druck. Kommen die inneren (die Mundöffnung umgebenden) Fasern des M. orbicularis oris in Thätigkeit, so pressen sie die Lippen aneinander, sowie gegen die Zähne, die rothen Lippensäume werden mehr nach einwärts gezogen und die Mundlinie verlauft gerade. In höheren Graden des Mundverschlusses verschwinden die rothen Lippensäume vollständig und die synergisch wirkenden Kaumuskeln (Masseter, Temporalis) pressen den Unterkiefer heftig gegen den Oberkiefer. Diese Mundstellungen begleiten das Sträuben gegen Einverleibung unangenehmer Geschmacksstoffe, die wirkliche Empfindung intensiv bitterer Substanzen, sowie anderweitige disharmonische Sinnesempfindungen und Schmerzen überhaupt; unangenehme Vorstellungen, namentlich von Schmerzen (eigene wie fremde); endlich das Heben starker Lasten und gewisse Affecte und Leidenschaften, welche überhaupt die Muskelkräfte excitiren (verbissener Zorn u. dgl.). Als habitueller Gesichtsausdruck spricht der mehr als gewöhnlich geschlossene Mund — je nach der begleitenden Mimik des Blickes — für Vorsicht, Schweigsamkeit, Hartnäckigkeit, Muth oder Stolz. Die peripheren Fasern des Orbicularis oris drängen die Lippen, unter Faltenbildungen und mit bedeutender Verkleinerung der horizontalen Mundlinie, nach vorwärts (Küssen, Prüfen von Schmeckstoffen; süsse

Geschmacksempfindungen und gewisse Richtungen des Gemüthes, für welche der Sprachgebrauch geradezu die Bezeichnung »süsslich« gewählt hat).

B) Offenhalten des Mundes.

I. Anhaltendes Offenhalten des Mundes durch Senkung des Unterkiefers kommt, abgesehen von gewissen Krankheiten der Nasenhöhlen, vor 1) bei allgemeiner Muskelschwäche (im Verlauf schwächender Krankheiten, bei ausschweifenden Menschen); 2) bei geringer geistiger Entwickelung, wobei das Imperium der Seele über die Muskeln überhaupt bedeutend abgenommen hat; 3) bei Schwerhörigen. Mimisch drückt dieser Gesichtszug, je nach den begleitenden anderweitigen Bewegungen, Aufmerksamkeit, Neugierde, Staunen, Schreck oder Entsetzen aus.

II. Oeffnen des Mundes mittelst Herabziehen der Unterlippe verleiht den Ausdruck von Trauer, Widerwille oder Schreck. Ausser dem Depressor labii inferioris wirkt hier, nach Duchenne, auch der Platysmamyoides, welcher den unteren Theil der Gesichtshaut nach abwärts und auswärts zieht und die untere Zahnreihe entblösst. Zugleich mit der Contraction des Frontalis und der Kaumuskeln drückt er heftigen Schreck aus.

III. Oeffnen des Mundes durch Heben der Oberlippe (Levator labii sup. alaeque nasi, Levator labii sup. proprius) verkürzt den senkrechten Durchmesser der Oberlippe bedeutend, entblösst die obere Zahnreihe, hebt die Nasenflügel unter zahlreichen Faltenbildungen der Wangen- und Nasenhaut und verursacht einen weinerlichen, verdriesslichen Gesichtsausdruck. Letztere Wirkung hat auch der Zygomaticus minor.

IV. Oeffnen des Mundes durch beiderseitige Entfernung der Lippen von einander, drückt bei gleichzeitigem Aneinanderpressen der Zahnreihen, wenn der Unterkiefer gesenkt wird, Wuth oder Staunen und Entsetzen aus.

C) Mundwinkel.

I. Auf- und Auswärtsbewegung der Mundwinkel. Der specifische Lachmuskel ist der Zygomaticus major: die Mundwinkel werden aus- und aufwärts bewegt, der Mund breiter, die Backen unter eigenthümlichen Faltenbildungen nach oben gedrängt. Das Grübchen in der Wange des Lachenden rührt vom Risorius Santorini her. Die Thätigkeit dieser Muskeln verleiht dem Gesicht immer den Ausdruck der Heiterkeit. Auf die zahlreichen qualitativen und quantitativen Abarten und die psychische Analyse des Lachens kann nicht eingegangen werden. Die entgegengesetzte Bedeutung hat:

II. Die Abwärtsbewegung der Mundwinkel (M. depressor anguli oris). Das Gesicht erhält dadurch den Ausdruck der Traurigkeit. Die Wirkung dieses Muskels wird sehr unterstützt durch die Thätigkeit des Levator menti, welcher die mittleren Theile der Unterlippe bedeutend hebt, die Mundlinie stark concav nach abwärts macht und den mimischen Zug der Verachtung in hohem Grad ausdrückt. Als sensorisches Analogon dieses psychischen Vorganges sind

die Lippenbewegungen bei üblen Gerüchen zu betrachten: die schnell durch den Mund getriebene Exspirationsluft stosst die Lippen, namentlich die untere, nach vorwärts, bei gleichzeitiger Hebung des Kinnes und der Unterlippe, wodurch zwischen beiden eine tiefe Furche entsteht.

553. Einfluss der Vorstellungen auf vegetative Processe.

Die zahlreichen Beeinflussungen der Muskeln durch Seelenzustände haben, wenn sie innerhalb gewisser Grenzen geschehen, nichts Störendes; im Gegentheil, sie fördern vielfach die Functionen überhaupt und die der Muskeln insbesondere. Anders verhält es sich mit vielen Processen des Stoffwechsels; diese sind den Einflüssen der Psyche nicht in demselben Grade ausgesetzt.

Intense Vorstellungen, Affecte und Leidenschaften greifen in den Gang des vegetativen Lebens unter Umständen mehr oder weniger ein und zwar (s. 547, III.) besonders in Functionen, die gerade im Maximum ihrer Thätigkeit oder in pathologischen Störungen begriffen sind. Namentlich stehen die Absonderungen unter dem Einfluss der Leidenschaften; plötzliche locale oder verbreitete Schweisssecretion stellt sich häufig ein; in einzelnen Fällen Diarrhöe, quantitative und qualitative Veränderungen des Harnes und der Milchabsonderung (nach Schreck kann der Urin blass und wasserreich, nach heftigem Aerger die Milchsecretion wesentlich alterirt werden u. s. w.). Alle diese Vorgänge bieten aber nichts Constantes und analoge Seelenbewegungen können, je nach Umständen, sehr verschiedene organische Effecte auslösen.

Andere Vorstellungen dagegen haben mehr oder weniger eigenthümliche somatische Wirkungen in ihrem Gefolge und zwar, 1) indem sie Erregungen von Organen veranlassen, zu welchen sie directe Beziehungen haben, (die Vorstellung von Speisen vermehrt im Hungrigen die Speichelsecretion bedeutend; erotische Gedanken begünstigen die Absonderungen des Samens und der Vaginaldrüsen), oder 2) indem sie sonst irgendwelche, mehr oder weniger constante, wenn auch nicht erklärbare, Reflexe auf specielle Organe bewirken. Das merkwürdigste Beispiel dieser Art bietet die Thränendrüse; in vielen Individuen ist das Weinen ein regelmässiger Begleiter vorzugsweis von deprimirenden Gemüthsbewegungen.

Nur sehr wenige der oben erwähnten Fälle dürften zu den direkteren, sog. trophischen Wirkungen der Nerven (100) gehören; die meisten Seelenzustände wirken nur indirect und durch viele bekannte und unbekannte Zwischenglieder auf das vegetative Leben. Anhaltendes Denken z. B. soll den Stoffwechsel herabsetzen; übermässige geistige Anstrengungen beeinträchtigen entschieden die Ernährung; alles aber Wirkungen, die in der gleichzeitigen, die vegetativen Processe hemmenden, Lebensweise ihre hinlängliche Erklärung zu finden scheinen.

Der Einfluss der Gemüthsbewegungen auf Entstehung, dann und wann selbst auf Heilung gewisser somatischen Krankheiten; die Macht der Einbildung auf den kranken Organismus, kann sammt den anderweitigen, in das pathologischen Gebiet übergreifenden verwandten Erfahrungen, hier nicht näher erörtert werden. —

Die Aufgaben der Physiologie gehen über die Ermittelung der Wechselwirkungen zwischen Seele und Körper nicht hinaus; man wird aber aus den, in

diesem Abschnitt behandelten psychophysiologischen Phänomenen, vorzugsweis aus den Abhängigkeitsverhältnissen des Körpers von der Seele (die zur Zeit besser bekannt und durch zahlreichere und charakteristischere Beispiele belegt sind, als umgekehrt die Beeinflussungen der Seele von Seiten des Körpers), leicht entnehmen, dass es sich hier nicht etwa um gleichgültige Begleiter psychischer Vorgänge, sondern um Erscheinungen handelt, welche tiefere Beziehungen zu dem Seelenleben bieten. Von der Erkenntniss der hier zu Grunde liegenden, der heutigen Physiologie noch völlig verborgenen Gesetzmässigkeiten, wird vielleicht sogar die Möglichkeit der ersten sicheren Schritte zur wissenschaftlichen Untersuchung der Natur des Seelischen abhängen.

XXVII. Zeugung.

A. Zeugungsstoffe.

554. Fortpflanzungsweisen.

Die Lebensdauer der Individuen bietet schon in der Säugethierreihe bezüglich der Durchschnittswerthe der Einzelarten sehr grosse Unterschiede. Durch die Zeugung wird die Art erhalten. Diess geschieht aber nur von den vorhandenen Individuen aus; die früher angenommene Bildung niederer Thierformen aus faulenden animalischen oder vegetabilischen Substanzen, die sog. freiwillige Zeugung (Generatio aequivoca) ist, wie es scheint, mit voller Beweiskraft widerlegt durch die positive Nachweisung der von Elternthieren ausgehenden Entstehungsweisen der betreffenden Thiere.

Man unterscheidet zwei Fortpflanzungsweisen:

I. Ungeschlechtliche Fortpflanzung, und zwar a) Theilung. Das Thier zerfällt in neue Thiere; nichts bleibt zurück (manche Infusorien, Polypen). b) Sprossenbildung. An der Oberfläche entstehen Proliferationen; sie wachsen, schnüren sich ab und werden selbstständige Thiere (Infusorien, Polypen, Anneliden, gewisse Generationen von Eingeweidewürmern). c) Keimkörnerbildung. Im Innern des Thierleibes bilden sich Keime, die verschieden sind vom Ei; sie entwickeln sich ohne Befruchtung und werden nach ihrer Ausstossung selbstständige Thiere (z. B. manche Generationen von Eingeweidewürmern).

Diese 3 Entstehungsweisen bieten einen successiven Fortgang: bei der ersten zerfällt das ganze Thier ohne Residuum; die Einzeltheile des Leibes sind demnach hier am wenigsten differenzirt. In den beiden andern Typen entsteht aber das Neue nur in gewissen Stellen und es bleibt ein Stammindividuum zurück.

II. Geschlechtliche Fortpflanzung. Hier sind zwei besondere Zeugungsstoffe vorhanden, die in den Eierstöcken entstehenden Eichen, welche

in allem Wesentlichen in den verschiedenen Thierklassen denselben Bau zeigen und der Same, eine Bildung der Hoden, bestimmt zur Befruchtung der Eier.

Entweder sind beiderlei Organe vertheilt auf verschiedene Individuen: Männchen und Weibchen (Wirbelthiere, fast alle Gliederthiere, viele Weichthiere, selbst Echinodermen), oder dasselbe Individuum trägt beiderlei Organe: Zwitterbildung, Hermaphroditismus (viele Schnecken, Quallen, mehrere Eingeweidewürmer). Wir betrachten bloss die doppelt geschlechtliche Zeugung.

555. Eierstockei.

Jeder Eierstock des menschlichen Weibes enthält etwa 50—100 Eichen von einer gewissen Grösse und Ausbildung. Man unterscheidet:

1) Das Graaf'sche Bläschen, das Hüllorgan und die Matrix für den Stoffwechsel des Eichens selbst. Das Bläschen besteht aus einer gefässreichen Haut von Bindegewebe (1, Fig. 143) mit einer inneren Epitelialauskleidung (2). An einer, gegen die Oberfläche des Eierstockes gerichteten Stelle, dem Keimhügel (3), sind die Epitelzellen stark angehäuft. Hier ist das Eichen eingebettet. Im Innern (7) des Bläschens befindet sich ein Minimum von Flüssigkeit.

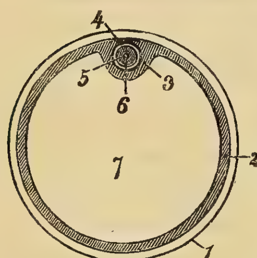


Fig. 143.

2) Das Eichen. Das etwa $\frac{1}{20}$ — $\frac{1}{10}$ Linie grosse Säugthierei hat v. Bär entdeckt. Es besteht aus der strukturlosen Dotterhaut (4), dem feinkörnigen, viscösen Dotter (5), in welchen das Purkinje'sche Keimbläschen (6) eingebettet ist, ein rundes Bläschen, das ein schwach granulirtes Körperchen enthält, den von Wagner entdeckten Keimfleck.

556. Abstossung des Eierstockeies.

Der Eierstock des menschlichen Weibes enthält ungefähr zwischen dem 14ten Jahr bis zur Mitte des 5ten Jahrzehends reife, befruchtungsfähige Eichen. Die Menstruation ist mit der Abstossung eines solchen verbunden. Der Eierstock wird alsdann blutreicher, der Inhalt des reifsten Graaf'schen Follikels nimmt rasch zu, der Follikel ragt über die Oberfläche des Eierstocks hervor, wobei die zwischenliegenden Theile des Stroma und der beiden Hüllmembranen des Eierstockes immer mehr verdünnt werden. Endlich berstet der Follikel an der der Oberfläche nächsten Stelle, sammt den genannten ihn bedeckenden Schichten; das Eichen, eingebettet in Zellen des Keimhügels, wird von der hinter ihm befindlichen Follikelflüssigkeit weggeschwemmt in die Tuba, deren Franzen sich an den Eierstock anlegen.

Die Follikelhaut bleibt somit sammt ihrer Epitelauskleidung zurück. Der Riss des Follikels auf der Oberfläche des Eierstockes schliesst sich, sodass die Stelle in der nächsten Zeit durch eine Narbe angezeigt wird. In den leeren

Follikel ergiesst sich etwas Blut, das bald gerinnt; die Follikelwand wird faltig, blutreich, ihre Epitelzellen wuchern stark. Endlich geht der Follikel eine Reihe von Rückbildungsprocessen ein. Seine Wandung wird dünner; die Epitelzellen füllen sich mit Fettmolekeln und zerfallen, sammt dem Blutgerinnsel, um schliesslich aufgesaugt zu werden. Gleichzeitig bildet sich Bindegewebe im Innern des Follikels. Letzterer ist nach längerer Zeit ganz geschwunden, sodass die Stelle von dem gewöhnlichen bindegewebigen Stroma des Eierstocks nicht mehr unterscheidbar ist. Die Follikel heissen in gewissen Stadien dieser Rückbildung: gelbe Körper, wegen der in den Epitelzellen angehäuften gelblich gefärbten Fettmolekeln. Man unterscheidet übrigens die falschen gelben Körper, welche nach jeder Menstruation entstehen und nach Bischoff in 6—10 Wochen verschwinden, von den wahren, auf welche eine Schwangerschaft folgt. Die Rückbildung dieser beginnt erst viel später und dauert mehrere Monate hindurch.

557. Menstruation.

Die Abstossung des Eichens ist begleitet von einer Reihe anderweitiger Erscheinungen in den weiblichen Genitalien und dem übrigen Organismus. Wir betrachten hier bloss die ersteren. Die Schleimsekretion nimmt, namentlich auch in der Scheide zu; die Genitalien werden blutreicher, wärmer; viele Capillargefässe, vorzugsweis der Uterusschleimhaut, bersten und ergiessen ihren Inhalt nach aussen. Die dadurch bedingte Menstrualblutung dauert 2—5 Tage; die Menge des Ergossenen beträgt etwa 100 bis 200 Gramme Während der Schwangerschaft und Lactation hört die Menstruation auf.

Der Blutabgang ist demnach nur ein Symptom einer tiefer eingreifenden Veränderung des weiblichen Organismus, welche als Analogen der Brunst der weiblichen Thiere aufzufassen ist (Bischoff). Bei manchen Säugethieren ist die Brunst von einigem Blutabgang aus der Scheide begleitet. Die wichtigsten Analogieen beider Erscheinungen sind: 1) Sie treten periodisch auf: beim menschlichen Weib alle 4 Wochen, während bei den Thieren im freien Zustand die Brunstzeit von den Jahreszeiten abhängt. 2) Es werden Eichen abgestossen. Dieser Abgang erfolgt durchaus spontan, ohne dass eine Begattung nothwendig ist, wie die Corpora lutea in Jungfrauen sowie direkte Erfahrungen an, von Männchen getrennten Säugthierweibchen beweisen, in deren Tuben Bischoff ausgetretene Eichen fand. Dieses schliesst übrigens nicht aus, dass die Begattung die Reifung oder selbst Abstossung der Eichen, durch stärkeren Säftezufluss nach den inneren Genitalien, einigermaassen begünstigen könne und dass auch im gesunden Weib Menstrualblutungen nicht selten vorkommen mögen, die mit keiner Ei-Abstossung verbunden sind. 3) Die Thiere zeigen bloss während der Brunstzeit Begattungstrieb; dieser ist auch beim menschlichen Weib grösser nach der Menstruation.

558. Sperma.

Das specifische Secret des Hodens ist erst in dem Ausführungsgang der Drüse, dem Samenleiter, vollständig ausgebildet. Dasselbe besteht aus einer sparsamen Grundflüssigkeit und den sog. Samenfäden, an welchen man einen dicken Körper und einen langen, dünnen Faden unterscheidet (die Beschreibung dieser Gebilde, ihre Unterschiede in der Thierreihe u. s. w. s. in den Lehrbüchern der mikroskopischen Anatomie). Der ejakulirte Same, welcher beträchtliche, nach Menge und Beschaffenheit aber nicht näher gekannte Beimischungen aus der Prostata, den Samenbläschen und Cowper'schen Drüsen führt, ist nahezu farblos, schwach alkalischreagirend, viel schwerer als Wasser, von specifischem Geruch und ziemlich zähflüssig (nach der Ejaculation gelatinirt die Masse), nach Vauquelin etwa 10% fester Bestandtheile enthaltend (für den unvermischten Samen des Ochsen giebt Kölliker 18% an). Unter diesen sind hervorzuheben, ein (beim Kochen nicht gerinnender) Eiweisskörper; Fette und der bemerkenswerthe Gehalt an Mineralbestandtheilen (nach Frerichs schwefelsaure, Chlor- namentlich aber phosphorsaure Verbindungen von Alkalien und Erden).

559. Samenbildung.

Bei keiner anderen Secretion ist die Betheiligung der sog. Epitelzellen, welche die Grundmembran der Drüsenkanäle auskleiden, so auffallend wie bei der Samenbereitung (Wagner, Kölliker). Die Samenkanälchen des Hodens sind erfüllt von zahlreichen kernhaltigen Zellen, den Vorläufern der Samenfäden. Der Zellenkern treibt an einem Ende einen fadenförmigen Ausläufer hervor, während er selbst sich streckt und zum Körper des Samenfadens wird. Die Zellmembran geht nachträglich zu Grunde, so dass schon im Nebenhoden, namentlich aber im Vas deferens, die Samenfäden frei geworden sind.

Die Thiere bereiten den Samen nur während der Brunstperiode; beim zeugungsfähigen Menschen dagegen ist die Secretion an keine bestimmte Zeit gebunden, doch zeigt ihre Stärke auch in demselben Individuum bedeutende Schwankungen. Samenfisteln zur genaueren Bestimmung der Secretionsgrösse, scheinen wegen dem engen Lumen des Vas deferens der Thiere nicht ausgeführt werden zu können. Im Verhältniss zur Grösse des Organes ist die Secretmenge jedenfalls gering; dem entspricht der mässige Blutreichthum des Hodens. Bei mangelnder Samenentleerung kann möglicherweis die Resorption des gebildeten Samens relativ nicht unbedeutend sein (die Lymphgefässe des Hodens wenigstens sind stark entwickelt); hierüber, sowie über den Zerfall der Samenfäden, fehlen aber genauere Angaben.

Direkte Einflüsse des Nervensystems auf die Secretion (der Hoden erhält sparsame Nerven vom Plexus spermaticus internus) sind nicht nachgewiesen. Befördert wird die Samenbildung in der Wärme (namentlich auch beim Warm-

halten der Beckengegend), bei ruhiger Lebensweise, reichlicher, üppiger Nahrung (gewisse Gewürze gelten von jeher als Aphrodisiaca) und entsprechender Richtung der Phantasie. Mehrere dieser Einflüsse setzen jedenfalls eine stärkere Blutzufuhr zu den Hoden.

560. Bewegungen der Samenfäden.

Im reinen Secret verhalten sich die Samenfäden vollkommen oder doch nahezu ruhig; wogegen sie, was für ihre Funktion von Wichtigkeit ist, in lebhafte Bewegungen gerathen nach vielen Zusätzen zum Samen. Diese Bewegungen bestehen in Schlängelungen des Fadens, welche dem Körper eine Vorwärtsbewegung ertheilen. Wegen der scheinbaren Willkürlichkeit dieser Ortsveränderungen wurden diese Gebilde seit ihrer Entdeckung durch Hammen und Leeuwenhoek als Samenthierchen bezeichnet; in neuester Zeit (namentlich auch nach der Entdeckung analoger Bildungen in vielen kryptogamischen Gewächsen) reiht man den Vorgang unter die Wimperbewegungen. In der menschlichen Leiche kann die Beweglichkeit der Fäden 1 Tag und darüber erhalten bleiben; im entleerten Samen unter Umständen sehr viel länger, am längsten in den weiblichen Genitalien selbst (Bischoff). Flüssigkeiten von alkalischer Reaktion und mässiger Concentration begünstigen die Bewegung; andere Lösungen, gewisse Concentrationen wiederum vorausgesetzt, verändern die Bewegung nicht; noch andere endlich, namentlich auch zu diluirte oder concentrirte, heben die Bewegung auf. Doch kann die auf diese Weise vernichtete Bewegung durch Zusätze, die einen passenden Concentrationsgrad herstellen, wieder hervorgerufen werden (Kölliker).

B. Befruchtung.

561. Erection des Penis.

Der Penis besitzt drei erectile Apparate: die beiden Schwammgewebe des Penis und das mit einer vorderen (der pars glandulosa) und hinteren (pars bulbosa) Anschwellung versehene Schwammgewebe der Harnröhre. Jeder dieser Apparate besteht aus einem Netzwerk von Bälkchen, deren Reichthum an organischen Muskelfasern (Valentin, Kölliker) für die Erection besonders wichtig ist und aus zahlreichen, unter sich vielfach kommunicirenden Hohlräumen, die nichts anderes darstellen als Venensinuse. In den Bälkchen verlaufen feine Arterien, welche zum Theil direkt, zum Theil durch eine Capillarität in die venösen Hohlräume münden, während andererseits enge Venen das Blut aus den Hohlräumen abführen. Von der Blutfüllung dieser letzteren hängt das Volum des Penis ab. Im Zustand der vollkommenen Erection ist das Glied befähigt zum Coitus, es ist dann steif, blutreicher und wärmer, viel länger und dicker (nach Krause 4—5mal voluminöser) als gewöhnlich, und, entsprechend der Krümmung der weiblichen Scheide, concav nach der Bauchseite hin.

Der einleitende Vorgang der Erection besteht in einer bedeutenden Vermehrung der arteriellen Blutzufuhr; die Arterien des Penis erweitern sich und klopfen stark. Die Venen sind jetzt nicht mehr im Stande, das Blut entsprechend abzuführen, indem ihre Lumina namentlich da, wo sie die derbe Faserhaut (Albuginea) der Schwammkörper durchbohren, keiner Erweiterung fähig sind. Daraus folgt unmittelbar die Ausdehnung der venösen Hohlräume, welcher jedoch durch die Elasticität der Bälkchen und der Albuginea der Schwammkörper eine Grenze gesetzt ist. Ist letztere erreicht, so tritt ein Beharrungszustand ein, d. h. es fliesst so viel Blut in die Schwammkörper als gleichzeitig aus denselben abfliesst. Sollten sich die Lumina der Venen absolut verringern, so müsste natürlich das Füllungsmaximum um so schneller erreicht werden. Manche verlangen sogar klappenartig wirkende Vorrichtungen an der Austrittsstelle der Venen aus den Schwammkörpern; Mechanismen der Art sind aber noch nicht erwiesen. Sicher ist übrigens, dass der bereits auf ein gewisses Volum gebrachte Penis durch Contraction der M. m. ischio- und bulbo-cavernosi stärker gesteift werden kann; diese Muskeln unterstützen unstreitig die bereits vorhandene Erection hauptsächlich durch Hemmung der venösen Rückflüsse.

Das Schwammgewebe der Urethra und der Eichel ist viel weniger gesteift während der Erection als die Schwammgewebe des Penis; in letzteren ist die Albuginea viel derber, sowie auch der venöse Rückfluss aus denselben schwieriger erfolgt. Die grössere Unnachgiebigkeit der Dorsalfläche der Albuginea der Schwammkörper ist ein Unterstützungsmittel der Aufrichtung des Gliedes.

Die Betheiligung der in den Bälkchen der Schwammgewebe enthaltenen organischen Muskelfasern an der Steifung bietet der Erklärung mancherlei Schwierigkeiten. Die active Contraction derselben könnte dem Blut in den ausgedehnten venösen Hohlräumen einen stärkeren Spannungsgrad mittheilen, den Penis also härter machen, eine Wirkung, die vorzugsweis dann möglich wäre, wenn das Blut der Hohlräume von der Circulation vollständig abgeschlossen werden könnte. Manche nehmen wenigstens eine totale Hemmung des venösen Abflusses an und demgemäss einen dem arteriellen Blutdruck gleichkommenden Spannungsgrad des Blutes der Hohlräume.

Die den männlichen analog gebauten aber viel kleineren und functionell weniger wichtigen erectilen Apparate (Corpus cavernosum clitoridis und Bulbus vestibuli) des Weibes gerathen in Steifung durch dieselben Veranlassungen wie beim Manne.

562. Begattung.

Der physiologische Zweck der Begattung ist die Ueberführung des Samens in die weiblichen Geschlechtstheile. Der Penis füllt dabei die Scheide vollständig aus und die Friction dieser Theile wird unterstützt durch die Anschwellung der sehr blutreich gewordenen Falten der Scheide und der Schwammkörper der weiblichen Geschlechtstheile, sowie durch die Zusammenziehung des Constrictor vaginae selbst. Die Sekretion der Fettdrüsen der kleinen Schaamlippen, namentlich aber der Schleimdrüsen der Scheide ist gesteigert. Wegen der Enge der Scheide und der, mit etwas Blutung verbundenen, Zerreissung des Hymen's wird die erste Begattung schmerzhaft. Die Wollustgefühle der Frau rühren her sowohl von der, durch die Friktion verursachten Erregung der sensibelen Nerven der Vagina, Clitoris und Innenfläche der kleinen Schaamlippen, als auch von

reflectorischen Muskelcontraktionen (Constrictor vaginae und die, den Schenkeln der Clitoris angehörenden M. m. ischio-cavernosi, und (?) Muskelfasern der Bartholin'schen Drüsen). Im Manne werden sie verursacht wiederum von den sensibelen Nerven der Penishaut und Eichel, und gewissen Genitalmuskeln, namentlich den organischen Muskelfasern der Vasa deferentia, Samenbläschen u. s. w. Das Wollustgefühl bei der Ejaculatio seminis im Schlaf, sowie die analogen Empfindungen bei erotischen Träumen des Weibes deuten schon darauf hin, dass hier Muskelgemeingefühle vorzugsweis eingreifen.

563. Ejaculatio seminis.

Zur Fortleitung des Samens dient die Peristaltik des, mit einer mächtigen Schicht organischer Muskelfasern versehenen Vas deferens; Virchow und Kölliker erhielten starke Zusammenziehungen desselben an Hingerichteten nach elektrischer Reizung. Im Nebenhoden kann — abgesehen von den noch fraglichen Wirkungen der Muskulatur des Hodensackes — die Flimmerbewegung unterstützend wirken. Die Samenbläschen werden zum Theil von einer Muskelhülle umschlossen; sehr reich an organischen Muskelfasern ist nach Kölliker die Prostata.

Während der Begattung füllt sich die Harnröhre mit dem, durch die Secrete der Prostata, Samenbläschen und Cowper'schen Drüsen verdünnten Samen. Die Ausspritzung des Samens aus der Harnröhre geschieht mit ziemlicher Kraft und zwar vorzugsweis durch die, in starke stossweise Contractionen gerathenden Musculi bulbo-cavernosi, welche die untere Wand des Bulbus urethrae heben und die Urethra selbst zusammendrücken. Während dem rücken schnell weitere Massen aus den Samenleitern und den zahlreichen Mündungen der Prostrata nach, die alsbald ejaculirt werden.

Die von Wilson beschriebenen, von der Symphyse zur Pars membranacea urethrae gehenden Muskelfasern erleichtern wahrscheinlich, indem sie den genannten Theil der Urethra erweitern, das Nachrücken neuer Secretmengen. Der Sphincter urethrae, sowie die von Guthrie aufgefundenen Muskelfasern, die, von der Pars descendens ossis pubis aus, über und unter der Pars membranacea urethrae verlaufen, unterstützen die Ejaculation.

Die Beimischung von Urin wird durch den Verschluss der Harnblase und zwar mittelst zweier Mechanismen erreicht: den Sphincter vesicae und den, von Kobelt nachgewiesenen Schwammkörper des Schnepfenkopfes, eine Fortsetzung des Schwammkörpers des Bulbus urethrae; indem der Schnepfenkopf bei der Erection anschwillt, wird das Lumen der Harnröhre geschlossen.

Die Samenbläschen dienen nicht bloss als Behälter des Samens, sondern sie liefern ein eigenthümliches fadenziehendes Secret. Von ähnlicher Beschaffenheit ist der Prostatasaft. Indem diese Beimischungen das Volum des Samens bedeutend vermehren und die Harnröhre ausdehnen, gestatten sie den Muskeln kräftige drückende Wirkungen auf den Inhalt der Harnröhre und erleichtern damit die Spannung der ejaculirten Flüssigkeit. Speciellere Beweise für die sehr nahe liegende Annahme einer chemischen Wirkung dieser Secrete auf die Samenfäden

fehlen; ja man glaubt selbst dagegen anführen zu können, dass auch die Castraten Samenbläschen von gewöhnlicher Grösse zeigen.

Die Ejaculation ist eine Reflexbewegung. Reizungen des unteren Lendentheils des Sympathicus oder des unteren Rückenmarkes selbst, bewirken Bewegungen des Samenleiter's (meist vom Hoden gegen das Samenbläschen) und selbst Samenerguss. Im Kaninchen ist nach Budge eine bestimmte Stelle des Rückenmarkes, in der Höhe des 4. Lendenwirbels, das Centrum dieser Bewegungen, nach deren Ansprache Contractionen des unteren Mastdarmes, der Blase und der Samenleiter eintreten.

564. Specialbedingungen der Befruchtung.

Die Befruchtung ist entweder eine äussere: das Männchen ergiesst den Samen auf die gelegten Eier; oder sie ist (unter anderem bei den höheren Wirbelthieren) eine innere: der Samenerguss erfolgt während der Begattung in die weiblichen Geschlechtstheile. Die erstere, welche durch keine Nebenvorgänge verdeckt wird, leitete schon Swammerdam auf richtige Ansichten über das Verhältniss des Eies zum Samen; doch erst Spallanzani hat unbestreitbar gezeigt, dass der materielle Contact des Samens und Eies eine wesentliche Grundbedingung der Befruchtung bildet. Beweise: 1) die Unwirksamkeit der Begattung nach Unterbindung der Tuben; 2) die sog. künstlichen Befruchtungsversuche. Froschlaich mit der Hodenflüssigkeit der Frösche zusammengebracht, entwickelt sich weiter. Spallanzani befruchtete eine Hündin mittelst Einspritzens von Samen in ihre Genitalien.

Unentbehrlich sind die Samenfäden. 1) Spallanzani suchte durch Filtration die Samenflüssigkeit von den Fäden zu trennen. Je zahlreichere Filter angewandt wurden, desto stärker nahm die Befruchtungskraft des Filtrates ab; es gelang selbst, vollständig unwirksame Filtrate herzustellen, während der Rückstand auf dem Filter in hohem Grad wirksam war. 2) Die Hodenflüssigkeit ausserhalb der Brunstzeit enthält keine entwickelten Samenfäden; sie ist nicht befruchtungsfähig. 3) Bastardthiere sind unter sich unfruchtbar; in ihrer Hodenflüssigkeit finden sich keine oder nur sparsame und unentwickelte Samenfäden.

Die Samenfäden dringen, wie zuerst Newport, später Barry, Meissner und Bischoff zeigten, unter lebhaften Bewegungen, mit dem dicken Theil voran, in die Zona pellucida ein, um in der Dottermasse später zu zerfallen. Das Eindringen geschieht entweder 1) an jedem beliebigen Ort (z. B. in den Säugethieren) oder 2) durch Löcher der Zona pellucida, die sog. Mikropylen, die namentlich dann vorhanden sind, wenn die Zona derber gebaut ist (Insekten, Eingeweidewürmer). Sind die Fäden bewegungslos geworden, so hat der Same seine befruchtende Kraft verloren. Zur Befruchtung für ein Ei reichen sehr wenige Samenfäden hin, wie sowohl direkte Beobachtungen Meissner's und Siebold's an Bieneneiern u. s. w. beweisen, als die ungeheure

Zahl von zu befruchtenden Eiern in vielen Fällen von äusserer Befruchtung (bei Fischen z. B.) und endlich die Versuche Spallanzani's mit (um das 10- bis 20-Tausendfache) verdünntem Samen. Dass auch das Ei eine gehörige Beschaffenheit haben muss, versteht sich von selbst; unreife Eier sind nicht entwicklungsfähig.

Eine Theorie der Befruchtung fehlt durchaus; auf die hier aufgestellten Vermuthungen kann nicht eingegangen werden; dieselben reichen nicht hinaus über die Annahme entweder specifischer Naturkräfte, oder allgemeiner und darum unbefriedigender Analogien mit anderweitigen chemischen u. s. w. Vorgängen. Die in den nächstfolgenden Paragraphen mitzutheilenden Thatsachen führen zwar nicht auf eine Deutung der inneren Vorgänge der Befruchtung, doch sind sie immerhin geeignet, unsere Anschauungen über die wechselseitigen Beziehungen des männlichen und weiblichen Zeugungsstoffes etwas zu erweitern.

565. Ort und Zeit der Befruchtung.

Vermöge der Stempelwirkungen des Penis und der Kraft der Ejaculation dringt ein Theil des Samens sogleich in den Muttermund ein. Schon vielfach hat man eine saugende Wirkung des Uterus angenommen; die betreffenden Mechanismen sind aber weder näher nachweisbar, noch sind sie irgendwie nöthig. Ein Theil der Samenflüssigkeit wird wohl aufgesaugt im Uterus; die Samenfäden aber rücken weiter gegen den Eierstock, wo sie Bischoff bei einer Hündin schon 20 Stunden nach der Begattung angetroffen hat. Das Fortrücken wird besonders bedingt durch die Bewegungen dieser Gebilde; vielleicht auch durch die Peristaltik des Uterus und der Tuben (die in Hunden und Kaninchen z. B. sehr lebhaft ist); nicht aber durch die Wimperbewegung der Schleimhaut, denn die Richtung dieser geht, wie Purkinje und Valentin zeigten, von Innen nach Aussen, sodass sie nur zur Fortbewegung des Menstrualblutes und der Eichen dienen könnte.

Aus der (sehr seltenen, von Manchen sogar angezweifelten) Eierstocksschwangerschaft, in welcher die Weiterleitung des aus dem Graaf'schen Follikel ausgetretenen Eies durch die Tuben gestört ist, schloss man schon längst, dass der Same auch im Menschen bis zum Eierstock dringe. Letzterer ist höchst wahrscheinlich der gewöhnliche Ort der Befruchtung. Erfolgt der Coitus erst einige Zeit nach Ablösung des Eichens, so ist die Tuba die Stelle, wo die Zeugungsstoffe sich begegnen. Nach Coste dagegen gehen die Samenfäden in der Tuba am Ei vorbei, ohne in dasselbe einzudringen. Das Eichen scheint nur langsam durch die Tuba fortbewegt zu werden. Im Uterus selbst findet nie die Befruchtung statt. Die Fimbrien der Tuba schwellen an, richten sich auf und umfassen den Eierstock zur Aufnahme des Eies.

In den ersten Tagen nach der Menstruation ist die Conceptionsfähigkeit am grössten; das Eichen ist so eben ausgestossen worden. Aber zu jeder Zeit zwischen zwei Menstruationen kann, wenn auch weniger leicht, Befruchtung erfolgen. Um Letzteres zu erklären, sind verschiedene Annahmen möglich: 1) die Ausstossung des Eies könne unter Umständen der Menstrualblutung erst

ziemlich spät nachfolgen, sodass der Same auch dann noch ein frisches Ei treffe. Statt dieser, heute wenig begünstigten Ansicht, macht man aufmerksam entweder 2) auf die Tenacität des Eies, das 1 bis 2 Wochen und selbst noch länger nach seiner Ausstossung befruchtungsfähig bleiben solle, oder 3) man nimmt an, der Same befruchte erst ein Eichen der nächsten Menstrualperiode. Jedenfalls besitzt auch der Same eine beachtenswerthe Tenacität; 6—8 Tage nach der Begattung wurden noch bewegliche Samenfäden in der Tuba von Hündinnen und Kaninchen angetroffen.

Ist die zweite Ansicht allein gültig, so müsste die Conceptionsfähigkeit immer mehr abnehmen bis zur neuen Menstrualperiode; greift auch die dritte Möglichkeit in erheblichem Grade ein, so könnten die Chancen eines fruchtbaren Coitus etwa in der 4. Woche des Menstruationsintervalles sogar wieder grösser sein als in der 3.

566. Mehrfache Befruchtung.

Der Eierstock des menschlichen Weibes stosst während einer Menstrualperiode in der Regel nur ein Eichen aus. Eine Zwillingsgeburt kommt auf durchschnittlich 87 einfache Geburten; Drillinge kommen unter 7500, Vierlinge unter ungefähr 300,000, Fünflinge höchstens bei etwa 12 Millionen Geburten einmal vor. Glaubhafte Beispiele, dass eine Frau mehr als Sechslinge geboren habe, sind nicht bekannt.

Die Statistiken zeigen schon bei den Zwillingsgeburten erhebliche Schwankungen; in wärmeren Ländern, namentlich in Südafrika, sollen Zwillinge häufig sein. Sie können von zwei verschiedenen Eichen, oder von einem Ei mit doppeltem Dotter herrühren. Die Durchschnittszahl der Conceptionen des menschlichen Weibes beläuft sich auf $4^1/_2$; doch giebt es auch Einzelfälle von mehr als 20 Entbindungen. Auf 30 Menschen kommt 1 Geburtsfall jährlich. Obige Angaben beziehen sich vorzugsweis auf mitteleuropäische Länder.

Unter Nachempfängniss versteht man jede weitere Empfängniss während der Dauer einer Schwangerschaft und unterscheidet:

I. Ueberschwängerung: Zwei Eier, die während derselben Menstrualperiode gereift sind, werden durch verschiedene Begattungen befruchtet. Eine Stute z. B. brachte ein Pferdefüllen und ein Maulthier gleichzeitig zur Welt. Auch sind einzelne Fälle bekannt geworden, dass menschliche Weiber zwei Kinder verschiedener Racen gebaren.

II. Ueberfruchtung (Superfötation). Die Befruchtung erfolgt erst in einer späteren Periode der Schwangerschaft: dem 2. oder 3. Monate. Bei der Abnormität des doppelten Uterus kann die Möglichkeit einer Ueberfruchtung nicht geläugnet werden, obschon die Chancen eines fruchtbaren Coitus schon desshalb sehr gering sind, weil während der Schwangerschaft die Reifung und Abstossung der Eierstockseier gewöhnlich sistirt.

Die Eihäute und der, den Kanal des Mutterhalses verstopfende Schleimpfropf setzen beim einfachen Uterus ein absolutes Hinderniss gegen die Ueberfruchtung. Bezüglich der weiteren Discussion dieser Verhältnisse und der Erklärungsarten der Thatsache, dass Mütter zwei Früchte von sehr ungleicher Entwickelung gleichzeitig, oder zwei Früchte in zwei weit (selbst mehrere Monate) auseinander liegenden Terminen gebaren u. s. w., Fälle, die Kussmaul in jüngster Zeit einer Revision unterworfen hat, wird auf die Lehrbücher der Geburtshülfe verwiesen.

567. Bastarde.

Eine Hauptbedingung der Befruchtung und Erzeugung einer fortpflanzungsfähigen Nachkommenschaft ist, dass das männliche und weibliche Individuum derselben Species angehöre; die Naturgeschichte rechnet bekanntlich zu einer und derselben Art (höherer Thiere und Pflanzen) alle diejenigen Individuen, welche sich fruchtbar vermischen und fruchtbare Nachkommen erzeugen können. Jedoch vermögen auch nahe verwandte Arten desselben Genus unter Umständen sich wirksam zu begatten; es entstehen dann Mittelformen: die Bastarde (Blendlinge), welche Eigenschaften beider Elternspecies in sich vereinigen, manchmal mehr die der Mutter, in andern Fällen vorzugsweis solche des Vaters. Hybride Formen kommen vor z. B. zwischen Pferd, Esel, Zebra — Hund, Schakal, Fuchs, Wolf — Löwe, Tiger — Schaaf, Ziege — Gans, Schwan — verschiedenen Fasanenarten — Karpfe, Karausche — u. s. w. Die Bastarde (von den pflanzlichen sehen wir ab) sind aber unter sich (nahezu) immer steril, dagegen ist fruchtbare Begattung möglich zwischen ihnen (wenigstens den Bastardweibchen) und Individuen ihrer Elternarten; die Nachkommenschaft schlägt aber immer zurück in den Typus der Elternspecies. Diese Verhältnisse sind von fundamentaler Bedeutung für die organische Natur, indem sie der Veränderlichkeit der organischen Formen eine Grenze setzen. Die Menschheit gehört, obiger Definition gemäss, einer einzigen Species an, da die verschiedenen Menschenracen sich unter einander fruchtbar vermischen. Viele Naturforscher stellen allerdings die Strenge dieser Unterscheidungen in Abrede und geben keine absoluten, vollständig stichhaltigen Unterschiede zu zwischen Art einerseits, sowie Racen und Varietäten andererseits. Je verwandter zwei Species nach Formen, Funktionen und sonstigen Lebensbedingungen sind, desto leichter gelingt die Bastardbildung. Die Zähmung ist ebenfalls ein wesentliches Unterstützungsmittel, doch kommen etliche Vogelbastarde auch im wilden Zustande vor.

Die Unfruchtbarkeit der Bastarde ist bedingt durch die geringere Entwickelung ihrer Genitalien. Am Auffallendsten ist das an den Bastardmännchen, deren Samen wegen Mangels an (ausgebildeten) Samenfäden befruchtungsunfähig ist. Aber auch die Eierstockeier der Bastardweibchen sind nach Wagner weniger vollkommen; doch sind die Bastardweibchen unter Umständen, wie schon bemerkt, zur Fortpflanzung fähig. Maulthiere z. B. sind unter sich (wahrscheinlich) immer steril; ausnahmsweis kann aber eine Maulthierstute mit einem Pferde- oder Eselhengst sich fruchtbar vermischen. Befruchtungsversuche zwischen verschiedenen Thiergattungen schlagen immer fehl. Rusconi befruchtete Froschlaich mit dem Samen der braunen Kröte. Nur wenige Eier entwickelten sich etwas, niemals aber kam es zu ausgebildeten Embryonen.

568. Unterarten.

Jede Thierart zerfällt wiederum in mehr oder weniger Categorien erster, zweiter u. s. w. Ordnung: Unterarten (Racen) und Spielarten (Varietäten), die charakterisirt sind durch bestimmte Uebereinstimmungen der Formen und Funk-

tionen, sowie durch die Bewahrung dieser Eigenthümlichkeiten, wenigstens im Ganzen und Grossen, von Generation zu Generation. Man unterscheidet:

I. Natürliche Unterarten (reine Racen). Die Ursprünge derselben sind durchaus dunkel. Man nimmt entweder an eine Entstehung aus einem wilden Urstamm, oder lässt dieselben sehr allmälig sich bilden durch lange Zeit fortdauernde äussere Einwirkungen, Klima, Boden, Nahrung, sonstige Lebensweise u. s. w. Manche dieser sog. reinen Racen mögen auf die erste, andere auf die zweitgenannte Weise entstanden sein. Die letztere bildet den Uebergang zu den:

II. Künstlichen Unterarten. Der Mensch hat die Pflanzen- und Thierwelt vielfach verändert und künstliche Unterarten erzeugt durch Paarung zwischen verschiedenen Racen derselben Species. Die Aufgabe ist, Thierformen zu bilden und zu erhalten, welche unter bestimmten mittleren Einflüssen (Klima, Fütterung u. s. w.) gewissen, oft sehr einseitigen, gerade desshalb aber ökonomisch besonders werthvollen, Zwecken am Vollkommensten entsprechen sollen. Wie sehr das gelang, zeigen die Ergebnisse der Thierzüchtung. Das mit hervorstechenden Eigenschaften begabte, hochedle Pferd Englands ist ein Abkömmling einiger im 17. und 18. Jahrhundert eingeführter orientalischer Stuten. Ebenso sind durch Kreuzung zwischen spanischen Merinos und deutschen Landschafen und durch systematische Züchtung ihrer Nachkommenschaft die deutschen Merinostämme edelster Schafe entstanden. Das Schwein Englands (z. B. die Essexrace) mit seiner ungeheueren Fleisch- und Fetterzeugung bei verhältnissmässig geringem Futterverbrauch, ist hervorgegangen aus Kreuzungen des englischen Landschweines mit specifischen Racen der Südsee und der kleinen schwarzen Race der Küsten des Mittelmeers, besonders der neapolitanischen.

569. Vererbungsfähige Eigenschaften.

Es giebt wohl keine physiologische Eigenschaft der Menschen, Thiere und Pflanzen, welche nicht mehr oder weniger vererbungsfähig wäre; doch kann es nicht befremden, dass die besser bekannten Thatsachen fast ausschliesslich auf leicht in die Augen fallende Charaktere des Körperbaues, sowie einzelne hervorstechende und praktisch benützte Leistungen sich beziehen. Die folgenden gelten vorzugsweis als erblich: Körpergrösse und sonstige Eigenschaften der Körperconstitution (Magerkeit, Fettleibigkeit u. s. w.); Gesichtszüge: in einzelnen Familien sogar höchst auffallend; Pigmentirung der Haut, Farbe und sonstige Beschaffenheit der Haare (feine oder grobe, krause oder schlichte Haare; Neigung zum Ergrauen). Gleichfarbige Eltern erzeugen nach den Erfahrungen in Pferdsgestüten sehr überwiegend Junge von derselben Farbe; der Erfolg ist besonders sicher, wenn dieselbe Farbe schon in mehreren Generationen vorkam. Ausserdem sind zu nennen Eigenthümlichkeiten der Muskeln, deren Stärke, Gebrauchsweise u. s. w.; Eigenschaften der Sinne (Feinheit, Schärfe); Fruchtbarkeit (bei der Rindvieh- namentlich aber der Schweinezucht wer-

den mit Vortheil diejenigen weiblichen Thiere ausgewählt, die von besonders fruchtbaren Müttern abstammen); angeborene Missbildungen (überzählige Finger u. s. w., nicht aber zufällige Verstümmelungen); die Anlage zu bestimmten Krankheiten, zu hohem oder niedrigem Lebensalter. Auch die geistigen Vermögen gehören hieher; Talente für einzelne Künste und Wissenschaften, Temperamente, Leidenschaften, Neigung zu Geisteskrankheiten; auch halb-psychische Eigenschaften: Geberden, Gangweise, Handschrift u. s. w. können sich mehr oder weniger vererben. Doch ist andererseits nicht zu verkennen, dass die geistigen Eigenschaften auch in Beziehung auf ihre Vererbung mehr dem Reiche der Freiheit angehören, als die des Körpers. Es kann nicht befremden, dass die Vererbungsfähigkeit geringer ist bei den complicirteren Funktionen und in der Thierreihe bei den hochentwickelten Organismen, welche sehr mannigfaltige Qualitäten bieten und den Einzelfunktionen einen grösseren Spielraum lassen.

570. Allgemeine Bedingungen der Vererbung.

Die Forterhaltung bestimmter Eigenschaften von Generation zu Generation ist bedingt durch folgende Momente: I. Aeussere Einflüsse (Ernährung, Lebensweise u. s. w.), die sog. »Haltung« der Thierzüchter. Bei schlechter Haltung verschwinden wirthschaftlich wichtige Eigenschaften; selbst zoologische Charaktere werden verändert. Ungleich wichtiger ist aber:

II. der Zeugungsakt selbst. a) Am grössten ist der Einfluss der Eltern auf die Nachkommen; er nimmt ab in aufsteigender Linie. Die Thierzüchter schlagen (freilich ziemlich willkürlich bei den sie interessirenden, grossentheils nicht einmal messbaren Eigenschaften) den Einfluss der Eltern doppelt so gross an, als den der Grosseltern, vierfach so hoch als den der Urgrosseltern u. s. w. Es kann übrigens auch eine Generation ganz oder theilweis übersprungen werden, sodass die Enkel den Grosseltern, nicht aber den Eltern gleichen. Für die gewöhnlichen praktischen Zwecke der Züchtung genügt die Verfolgung von etwa 4 bis höchstens 6 Generationen rückwärts, welchen gegenüber der Einfluss der noch älteren Generationen sehr klein wird. Aus der Paarung von Weissen und Negern entstehen Mulatten, aus der von Weissen und rothen Amerikanern die Mestizen; diese Mischformen verschwinden, wenn sie immer nur mit Individuen einer ihrer Elternrace sich kreuzen, erst ungefähr in der 5. oder 6. Generation vollständig.

b) Was den Antheil beider Eltern betrifft, so stehen die Abkömmlinge im Allgemeinen in der Mitte zwischen denselben. Die Bastarde bieten hier die auffallendsten Beispiele. Es scheint, dass dieses Gesetz um so mehr gelte, je grösser die Differenz zwischen beiden Erzeugern ist. In anderen und dazu ziemlich zahlreichen Fällen folgt dagegen das Kind mehr dem einen Theil der Eltern; diese Präponderanz ist entweder beständig, oder einige Kinder gleichen mehr dem Vater, andere mehr der Mutter. Mit Unrecht wurde öfters der Einfluss der Mutter viel höher angeschlagen als der des Vaters.

571. Constanz der Unterarten.

Die Sicherheit der Vererbung von Eigenschaften ist auch unter den scheinbar günstigsten Bedingungen keine absolute. Junge von demselben Wurf und unter denselben Lebensbedingungen weichen öfters wesentlich von einander ab. Bei vorsichtiger Züchtung, vor allem durch Verwerfung unbrauchbarer, aus der Race schlagender Individuen, können übrigens ziemlich sichere Erfolge erzielt werden. Die reinen Racen bieten wohl in ihren Einzelwesen eine grössere Uebereinstimmung der Charaktere als die künstlichen Unterarten; die ersteren sind, nach der Ansicht von Mentzel, Weckherlin u. A. ausgezeichnet durch relativ höhere Vererbungsfähigkeit ihrer Eigenschaften und ungleich grössere Widerstandskraft gegen äussere Einflüsse als die künstlichen Racen. Die Gegner Nathusius u. A., läugnen dieses und behaupten, die Sicherheit oder Unsicherheit der Vererbung der Eigenschaften der Elternthiere hänge durchaus nicht ab von der Reinheit oder Gemischtheit ihrer Abstammung. Eine künstliche Race vererbe ebenso zuverlässig ihre Eigenschaften als die sog. reinen; z. B. der deutsche Merinobock schon von der 3. oder 4. Kreuzung an.

Auf den Streit über die Constanz der Racen, der unter anderem auch auf praktischen Gebieten, z. B. unter den rationellen Thierzüchtern, zum Theil mit anerkennenswerthem physiologischem Wissen, geführt wird, kann hier nicht eingegangen werden. Man hat sich, so glauben wir, zu hüten, einen jener beiden extremen Züchtungsgrundsätzen für den allein richtigen zu halten. Die Wahrheit scheint auch hier in der Mitte zu liegen. Die Annahme einer gewissen Präponderanz der reinen Racen hat physiologisch allerdings etwas Verlockendes. Die Neger Amerika's, wenn sie sich auch in mancher Hinsicht geändert haben, bewahren doch ihren afrikanischen Typus in allem Wesentlichen; der kleine 200 Pfunde wiegende Pony der Shetlandsinseln und das zehnmal schwerere Zugpferd erhalten ihren Charakter unter den allerverschiedensten äusseren Bedingungen. Anderntheils muss aber zugegeben werden, dass es unter den unendlich vielen Combinationen künstlicher Racen sowohl solche mit geringer, als auch mit grosser Tenacität geben kann, die an Tüchtigkeit und Zweckmässigkeit, unter den Verhältnissen, in denen sie leben, keiner reinen Race nachstehen dürften, und deren Constanz gerade desshalb von Generation zu Generation einer immer grösseren Steigerung fähig ist. Der deutsche Merino z. B. ist heute ein edleres Thier als die spanische Urrace.

Vergleicht man die Thatsachen der Bastarderzeugung mit denen der Fortpflanzung der reinen und der künstlichen Racen, so zeigt es sich, dass die Constanz der Arten viel gesicherter ist als die der Unterarten, eine tiefgreifende Einrichtung, welche den Organismen möglich macht, sich veränderten äusseren Umständen — den plötzlich eintretenden, wie den sehr allmälig sich geltend machenden säcularen Aenderungen ihrer Existenzbedingungen — in der besten, unter Umständen sogar die Art selbst vervollkommnenden, Weise zu accommodiren.

572. Entwickelung nichtbefruchteter Eier.

In neuester Zeit sind einige Thatsachen aufgefunden worden, nach welchen selbst das Dogma: das Ei entwickele sich immer nur nach vorheriger Befruchtung, wenigstens bei gewissen Thiergattungen, einer Einschränkung bedarf. Das merkwürdigste Beispiel der Art bietet die Biene.

Der Bienenstaat besteht aus 1) einer Königin, einem vollkommenen Weibchen, der einzigen Eierlegerin der Colonie, 2) den Arbeitsbienen, der sehr grossen Mehrheit der Population, Weibchen mit verkümmerten Eierstöcken und Begattungswerkzeugen; 3) Drohnen, den Männchen. Die Königin verlässt nur einmal in ihren Leben den Stock, um sich zu begatten; von ihrem Hochzeitsflug kehrt sie zurück, versehen mit einem Samenvorrath, der hinreicht für ihr ganzes Leben, d. h. 3 oder 4 Jahre zur Ausübung ihres Generationsgeschäftes und zur Befruchtung von vielen Tausenden von Eiern. Der Samen selbst befindet sich in einem kleinen Behälter: der Samentasche, welche sammt den beiden Eileitern in den gemeinsamen Eiergang mündet. Soll ein vom Eierstock herabrückendes Ei befruchtet werden, so bedarf es nur einer Beimischung eines Minimums, d. h. einiger wenigen Samenfäden, aus der Tasche; diese Eier werden Bienenweibchen, und es hängt nur von der Fütterung der Larve ab, ob das Junge ein verkümmertes Weibchen oder eine Königin wird; diejenigen Eier dagegen, welche nicht befruchtet werden, entwickeln sich zu Männchen (Dzierzon, Siebold). Wird eine italienische Königin in einen einheimischen Bienenstock gesetzt, so entstehen Bastardköniginnen und Bastardarbeiter, aber italienische Drohnen. Auch folgt weiter, dass die Eier, welche von flügellahmen Königinnen gelegt werden, die den Stock nicht verlassen können und eine leere Samentasche haben, sich alle zu Drohnen entwickeln. Wegen dieses Legens entwicklungsfähiger Eier von Seiten jungfräulicher Thiere hat der Vorgang den Namen Parthenogenesis erhalten.

Die Parthenogenesis ist unter den Insekten vielleicht ziemlich verbreitet. Das Verhältniss dieser Fortpflanzungsweise zu der gewöhnlichen der höheren Thiere ist noch nicht sicher festgestellt. Mit der ungeschlechtlichen Fortpflanzung durch Keimkörner kann die Parthenogenesis nicht verglichen werden; die Keimkörner reifen unter allen Umständen spontan; während das Ei in den genannten Thieren sich, sowohl befruchtet als nicht befruchtet, entwickelt. Die Parthenogenesis ist nirgends die einzige Fortpflanzungsweise; in manchen Gattungen scheint sie unbeständig, so zu sagen zufällig zu sein, d. h. die Eier werden unter Umständen befruchtet, können sich aber auch entwickeln, wenn die Einwirkung des Samens unterbleibt. Bei andern Thieren dagegen ist die Parthenogenesis ein regelmässiger Vorgang; dann gehört die auf diese Weise erzeugte Nachkommenschaft dem einen, die durch Befruchtung erzeugte aber dem anderen Geschlechte an.

C. Geburt.

573. Schwangerschaft.

Während der Schwangerschaft bieten alle Theile des Generationsapparates mehr oder minder eingreifende anatomische und funktionelle Veränderungen.

Die Menstruation hört auf. Die grössten Metamorphosen aber erleidet das Organ, welches den von den Eihäuten und dem Fruchtwasser umgebenen Fötus beherbergt, der Uterus. Derselbe nimmt, entsprechend dem Wachsthum des Fötus und der Menge des Fruchtwassers, allmälig an Volum zu, sodass am Ende der Schwangerschaft der Inhalt seiner Höhle über 400 Cubikzolle (also 500—600 mal mehr als gewöhnlich) beträgt und der Gebärmuttergrund bis in die Gegend der Herzgrube aufgestiegen ist. Während der jungfräuliche Uterus eine Länge von gegen $2^3/_4$ und eine Breite von $1^1/_2$ Zollen zeigt, betragen am Ende der Schwangerschaft der Längsdurchmesser etwa 13 und die beiden andern Dimensionen ungefähr 9 Zolle. Von den Gestaltveränderungen des annähernd eiförmig gewordenen Organes sind besonders die der untersten Portion hervorzuheben, indem der, im jungfräulichen Zustand konisch in die Scheide ragende Mutterhals allmälig dadurch verstreicht, dass seine Wandungen in die des Mutterkörpers hineingezogen werden. Der Muttermund bildet dann ein rundliches Grübchen. Die zum organischen System gehörende Muskulatur des Uterus entwickelt sich ausserordentlich, indem die vorhandenen Fasern dicker und länger werden, namentlich aber durch eine üppige Neubildung der Fasern (Kölliker). Auch die Muskulatur der Scheide erfährt eine gewisse Verstärkung. Die Lymph- und Blutgefässe nehmen bedeutend zu; die Arterien werden zahlreicher und dicker, und die Venenlumina erweitern sich in hohem Grade; das im ungeschwängerten Zustand blutarme Organ ist jetzt sehr blutreich geworden.

574. Schwangerschaftsdauer.

Wenn der Fötus seine Reife erlangt hat, wird er ausgetrieben durch die Contractionen des Uterus. Die mittlere Dauer der Schwangerschaft beträgt beim menschlichen Weibe ungefähr 40 Wochen (9 Sonnen- oder 10 Mondsmonate; 275—280 Tage). Fallen die pathologischen Verkürzungen dieses Termines vor den Ablauf der 26. Schwangerschaftswoche, so heissen sie Abortus; während die Frühgeburten zwischen der 26. und etwa 38. Woche liegen. In letzterem Falle (zwischen 26 und 30 Wochen jedoch nur ausnahmsweis) können die Kinder am Leben erhalten werden. Die Lebensfähigkeit ausgetragener Kinder ist selbstverständlich grösser als die der frühgeborenen. Mechanische Erschütterungen, gewisse Medicamente, öfters vollzogener Beischlaf, Gemüthsbewegungen, örtliche Krankheiten des Uterus u. s. w. sind Veranlassungen von Frühgeburten. Die Verlängerungen des normalen Geburtstermines stellen die Spätgeburten dar, deren Vorkommen nach den Erfahrungen in Gestüten nicht bezweifelt werden kann, wenn auch über ihre Grenze beim menschlichen Weibe keine bestimmte Aussage gemacht werden kann. Auf 300 und wohl noch einige Tage darüber kann die Schwangerschaft sich jedenfalls ausdehnen. In der Säugethierreihe bietet die Schwangerschaftsdauer sehr grosse Unterschiede; immer aber geht die Entwickelung des Uterus parallel mit der des Fötus und das Organ gelangt in Contraktionen, wenn es eine bestimmte Stufe erreicht hat. Der Organismus be-

wahrt aber auch hier noch mehr oder minder deutlich sein gewöhnliches typisches Verhalten, d. h. die Geburt erfolgt beim sonst regelmässig menstruirten Weibe, wenn dasselbe, wäre es nicht schwanger geworden, nach dem Termin der fruchtbaren Begattung zum zehnten Mal menstruirt sein würde. Dieses typische Verhalten ist auch in pathologischen Fällen nicht selten erkennbar, insofern der Abortus um die 8. und 12. Woche, die Frühgeburt um den 8. und 9. Mondsmonat mit grösserer Vorliebe eintreten.

575. Uterusnerven.

Die Nerven des Uterus sind vorzugsweis sympathischer Natur. Die Plexus uterini stammen aus dem oberen und unteren Plexus hypogastricus und erhalten ausserdem 1) direkt Zweige vom 3. und 4. Sacralnerven, 2) indirekt aber auch Nervenfasern von den Lumbal- und Sacralnerven. Es kann demnach nicht auffallen, dass man nach Valentin, Spiegelberg u. A. durch Reizung verschiedener Stellen der Nervencentren (Cerebellum, Medulla oblongata und allen, namentlich den unteren, Portionen des Rückenmarks) Uteruscontraktionen erhalten kann. Die Erfolge sind aber nicht sicher und der Charakter solcher Bewegungen (reflektorische?) unbestimmbar. Der Bauchgrenzstrang des Sympathicus und die genannten Sacralnerven bilden die Zwischenbahnen zwischen Rückenmark und Uterus; Reizungen des unteren Lenden- und oberen Sacraltheils des sympathischen Grenzstranges lösen peristaltische Contractionen der Tuben und des Uterus aus und zwar im ungeschwängerten, wie im geschwängerten Zustande, in letzterem namentlich gegen das Ende der Schwangerschaft, in welchem der Uterus zunehmend reizbarer wird, sodass z. B. schon Veränderungen des Blutlaufes in dem Organ, in Folge von Compression der Aorta, nach Spiegelberg dasselbe zu Contractionen bestimmen.

576. Uteruscontractionen.

Die Contractionen des Uterus zeigen die Charaktere der organischen Muskelbewegung: Unwillkürlichkeit, eine gewisse Langsamkeit und, während des Geburtsgeschäftes, einen bestimmten Rhythmus. Schwache vorübergehende Contractionen treten schon in den letzten Schwangerschaftswochen auf; während des Geburtsaktes aber nehmen dieselben an Stärke, Dauer, Häufigkeit der Aufeinanderfolge und Schmerzhaftigkeit immer mehr zu. Die Schmerzen (Wehen) erreichen oft einen hohen Grad; sie hängen vorzugsweis von der kräftigen Muskelspannung ab, wozu im spätern Geburtsverlauf noch die enorme Ausdehnung und Zerrung des Muttermundes, der Scheide und äusseren Genitalien hinzukommt. Die Contractionen beginnen am Muttergrund und schreiten von da aus peristaltisch nach abwärts; ehe aber die Contraction den Muttermund erreicht, folgt eine neue nach (Spiegelberg), und hat es nur den Schein, als ob das ganze Organ gleichzeitig und zwar in derselben Phase der Thätigkeit wäre. Wegen der dem Uterus entgegenstehenden Widerstände wird derselbe bei

jeder Wehe auffallend hart; ein Maass für diese Widerstände haben wir allerdings nicht; dass sie aber sehr gross sein müssen, ist unzweifelhaft, da die mechanische Arbeit des Geburtshelfers bei mancher Zangengeburt eine sehr bedeutende ist.

577. Beckendurchmesser.

Die hauptsächlichsten Widerstände für die fortzubewegenden Kindstheile bieten die knöchernen Wände des kleinen Beckens, von dessen Dimensionen die Drehungen der Kindstheile während der Geburt allein abhängen. Die Verbindungen zwischen den Schaam- Hüft-, Kreuz- und Steissbeinen werden übrigens im Verlauf der Schwangerschaft allmälig nachgiebiger, worin ein nicht unwesentliches Unterstützungsmittel des Geburtsaktes liegt. Die dadurch veranlasste Vergrösserung einiger Durchmesser des kleinen Beckens kann sogar in Folge wiederholter Geburten bleibend bestehen. Von grosser Wichtigkeit ist die Compressibilität der Kindstheile, namentlich aber die Verbindungsweise der Schedelknochen, welche ein Uebereinanderschieben der Knochenränder und somit eine wirksame Verringerung der Schedeldurchmesser gestatten.

Man unterscheidet folgende Beckendurchmesser:

	Gerader.	Querer.	Schräge.
Beckeneingang.	Von der Mitte des Promontoriums des Kreuzbeines zum oberen Rand der Schaambeinfuge (sog. Conjugata).	Von der Mitte der Linea arcuata interna der einen Seite zu der der andern Seite.	Von der Symphysis sacro-iliaca zur Eminentia ileo-pectinea der andern Seite.
Beckenhöhle.	Von der Mitte der Kreuzbeinaushöhlung zur Mitte der Schaambeinfuge.	Verbindungslinie zwischen den Böden beider Pfannen.	Von der Mitte der Incisura ischiadica superior zur Mitte des unteren Randes des horizontalen Astes des Schaambeines.
Beckenausgang.	Von der (nachgiebigen) Steissbeinspitze zum unteren Rand der Schaambeinfuge.	Die Gerade von einem Sitzbeinknorren zum andern.	Von der (nachgiebigen) Mitte des Ligam. sacrotuberosum zur Synostosis pubo-ischiadica anderseits.
Beckeneingang.	4 Zolle 3 Lin.	5 Zolle.	4 Zolle 8 Lin.
Beckenhöhle.	4 Z. 6 L.	4 Z. 3 L.	5 Zolle.
Beckenausgang.	variabel 3 Z. 4 L. — 4 Z. 3 L.	4 Z.	variabel etwa 4 Zolle.

578. Fortbewegung des Kindes.

Der Fötus nimmt im Uterus einen möglichst geringen Raum ein; Beine und Arme sind angezogen; die Hände ruhen am Gesicht, der Kopf ist gegen die Brust vorwärts geneigt. Die Längsaxe des Fötus fällt mit der Längsaxe des Uterus zusammen. Auf 100 solcher Längslagen kommt etwa 1 Schieflage (Querlage), eine Anomalie, welche die Austreibung des Fötus sehr erschwert oder geradezu unmöglich macht. Die Längslagen selbst zerfallen, je nach dem, zur

Geburt sich stellenden Kindstheil in 1) Kopflagen (und zwar Schedellagen und die sehr seltenen Gesichtslagen), 94—95 % aller Geburten und 2) Beckenendlagen etwa 4 %, in welchen der Steiss, oder die vor dem Steiss herabtretenden Füsse, oder (sehr selten) die Kniee vorliegen.

Bei den Schedellagen ist die Pfeilnaht parallel dem Querdurchmesser des Beckeneinganges; wegen der starken Vorwärtsneigung des Uterus aber steht diejenige Kopfseite tiefer, welche der vorderen Beckenwand zugekehrt ist. Man unterscheidet zwei solcher Lagen; die Häufigkeit der ersten verhält sich zur zweiten wie 3 : 1. Bei der ersten Schedellage liegt das rechte Scheitelbein, als der am tiefsten stehende Kindstheil, an der vorderen Beckenwand und der Rücken des Kindes ist nach der linken Seite der Mutter (und zugleich etwas nach vorn) gekehrt; bei der zweiten Schedellage liegt das linke Scheitelbein vor, während der Rücken des Kindes der rechten Seite der Mutter zugewandt ist.

Der Durchtritt des Kindes durch die Geburtswege gehorcht einem einfachen Gesetz: der grösste Durchmesser der Kindestheile liegt jeweils in dem grössten Durchmesser des betreffenden Beckenquerschnitts; jene sind beim Schedel der gerade (4½ Zolle), beim Gesicht der longitudinale, bei Schultern und Hüften die queren (4½ und 3¾ Zolle) Durchmesser. Bei der Schedellage z. B. steht der Kopf mit seinem geraden Durchmesser 1) am Beckeneingang in dem queren, oder in der Mitte zwischen dem queren und schrägen Durchmesser, 2) in der Beckenhöhle in dem schrägen Durchmesser, wobei das Hinterhaupt der Schaambeinfuge zugekehrt ist; 3) im Beckenausgang im geraden Durchmesser. Die Kindstheile vollführen somit auf diesem Weg eine schraubenförmige Bewegung (¼ eines Umganges), wobei die der vorderen Beckenwand anlagernden einen kleinen, die an der hinteren Beckenwand vorbeigehenden einen grossen Raum beschreiben.

579. Geburtsperioden.

Der Geburtsakt wird naturgemäss in 3 physiologische Perioden getheilt (Denman, Burns, Kilian u. A.); die meisten deutschen Praktiker stellen deren 5 auf.

I. Eröffnung des Uterus (Vorbereitungsperiode). Mehrere Stunden, ja selbst Tage, vor dem Eintreten deutlicher Wehen, sind schwache, noch nicht eigentlich schmerzhafte, Contractionen, verbunden mit stärkerer Sekretion von Vaginalschleim, vorhanden. Bei Erstgebärenden ist der Muttermund noch geschlossen, bei Mehrgebärenden aber öffnet er sich bereits etwas. Die hierauf eintretenden kräftigeren Contractionen, mit denen der eigentliche Gebärakt beginnt, eröffnen nach und nach den Muttermund; während jeder Wehe treten die Eihäute in Form einer Blase hervor, welche durch das Fruchtwasser stark gespannt wird. Endlich berstet bei einer starken Wehe die Blase, und es fliesst der zwischen ihr und dem Kopf befindliche Theil des Fruchtwassers ab, während

der übrige grössere Theil noch zurückbleibt. Auf den Blasensprung folgt eine ausgiebigere Erweiterung des Muttermundes durch den vorliegenden Kindestheil.

II. Austreibung des Kindes. Der Kopf gelangt durch den, nunmehr auf's Höchste erweiterten Muttermund in die Scheide und kommt in der Schaamspalte zum Vorschein. Die Wehen werden häufiger, anhaltender und kräftiger; sie können, namentlich gegen Ende der Periode, etwas unterstützt werden durch die unwillkürlichen Contractionen der Bauchmuskeln, welche (bei zugleich herabgestiegenem Zwerchfell) die Unterleibscontenta pressen. Jede Wehe drängt den Kopf kräftig gegen den Damm, der, sammt den stark auseinander weichenden Schaamlippen, in hohem Grade gespannt wird. Von Zeit zu Zeit geht etwas Fruchtwasser ab. Endlich treibt eine kräftige Wehe den Kopf durch die Schaamspalte. Auf diesen, bei Weitem schmerzhaftesten Moment folgt eine kurze Pause, nach welcher wenige neue Wehen die Schultern und die übrigen Kindstheile, sammt dem noch zurückgebliebenen Fruchtwasser, durch die Schaamspalte treiben.

Der stark komprimirte Kopf des Kindes dehnt sich sogleich wieder aus, indem die übereinander gelegten Knochenränder ihre normale Lage gewinnen. Eine grössere oder kleinere Hautgeschwulst am vorliegenden Kindstheil ist, namentlich bei länger dauernden Geburten, nicht selten.

III. Austreibung der Nachgeburt. Schon am Ende der 2. Periode beginnt die Lösung der Eihäute von der Uteruswand. Nach Austreibung des Kindes stellen sich, früher oder später, neue aber viel leichtere Wehen ein, welche die Lösung der Eihäute und namentlich der Placenta (701) vollenden und diese Gebilde, die sog. Nachgeburt, schnell austreiben. Die Abtrennung der Placenta von der Uteruswand ist mit Blutung verbunden, die aber durch die starken Zusammenziehungen des Uterus, welche die offenen Gefässlumina des letzteren schliessen, bald zum Stillstand kommt. Nach Austreibung der Nachgeburt ist die Geburt vollendet und der Uterus als eine harte Kugel von bebedeutend reducirtem Volumen über der Schambeinfuge fühlbar.

Auf 100 Fälle vertheilen sich die Geburtsdauern folgendermaassen: 2—6 Stunden 11mal 6—12 Stunden 30mal, 12—18 Stunden 23mal, 18—24 Stunden 13mal u. s. w.

580. Puerperalveränderungen der Genitalien.

Im Wochenbette (Puerperium) gehen — abgesehen von konstitutionellen Veränderungen (645) — die Genitalien aus den, durch die Schwangerschaft und die Geburt bedingten Zuständen in ihre gewöhnlichen zurück, während zugleich die, in der Schwangerschaft schon vorbereitete, Milchabsonderung auftritt. In den ersten Tagen sind Uteruscontractionen (sog. Nachwehen) nicht selten. Der Uterus wird der Sitz sehr reger Processe; seine Gewebe, namentlich die Muskelfasern, erleiden eine bedeutende Reduction; die Muskelfasern fallen einer rapiden fettigen Metamorphose und das gebildete Fett der Resorption anheim. Die Uterusschleimhaut (Decidua) wird stückweis abgestossen und durch eine neue ersetzt. Etwa 2 Wochen hindurch geht aus dem Uterus eine anfangs blutige, nach einigen Tagen aber immer heller werdende Flüssigkeit ab: Lochien (Wochen-

fluss). Die blutigen Lochien bestehen aus Blut, sowie aus Resten der Decidua und Placenta; später treten die Blutkörperchen zurück, während Epitelien, Schleimkörperchen (resp. Eiterkörperchen), Fettkügelchen u. s. w. vorwalten. Der Reductionsprocess der Uterusmuskulatur ist, etwa von der 4. Woche an, begleitet von einer sparsamen Neubildung von Muskelfasern; nach etwa 6 Wochen hat der Uterus seine gewöhnliche Grösse und Form wieder erlangt. Die Vagina, namentlich aber die äusseren Genitalien, kehren schnell in den normalen Zustand zurück.

Anhang.

581. Milch.

Das zur Ernährung des Kindes bestimmte Secret der weiblichen Brustdrüsen besteht aus einer Flüssigkeit (Milchplasma) und zahlreichen, von einer Hüllmembran umgebenen Fetttröpfchen von ziemlich variabler Grösse, den sog. Milchkügelchen. Die Milch ist wegen dieser morphologischen Elemente undurchsichtig; im Menschen und Pflanzenfresser fast immer schwach alkalisch, im Fleischfresser aber sauer reagirend (ob durch Milchsäure oder saures phosphorsaures Natron?), beim Stehen scheidet sie sich in eine dicke, fettreiche Schicht: den Rahm und eine untere, durchsichtigere, fettarme, von höherem specifischen Gewicht.

Die festen Bestandtheile betragen 11—13 %. 1) Casein, wahrscheinlich auch kleine Mengen Eiweiss (die Alkaliverbindungen beider Proteinkörper sind freilich von einander kaum unterscheidbar); 2) Michzucker. Beim längeren Stehen der Milch kommt derselbe, durch das als Ferment wirkende Casein, in Milchsäuregährung; die Säure coagulirt das Casein und die Milch scheidet sich nach und nach in einen festeren und einen flüssigen Theil; letzterer enthält nur wenig Fett, besonders aber Zucker und Salze. 3) Fette und zwar Margarin (2/3 aller Fette in der Kuhmilch), Elain (1/3) und kleine Menge eines Gemisches von Fetten, deren Säuren in die Reihe der flüchtigen Fettsäuren gehört (Butter-, Capron-, Capryl- und Caprinsäure). 4) Salze: schwefelsaure-, Chlor-, kohlensaure- und ganz besonders phosphorsaure Verbindungen. Die Basen sind Kali, Natron, Kalk, Magnesia und minime Mengen Eisenoxyd.

Die Hüllmembran der Milchkügelchen enthält eine Proteinsubstanz; durch Essigsäure wird die Hülle gelöst und die Fette sammeln sich dann zu grösseren Tropfen an. Das Milchplasma führt Casein, gebunden an kleine Mengen Alkali und phosphorsauren Kalk. Die Unterschiede des Salzgehaltes der Kügelchen und des Plasma sind nicht näher bekannt.

Die Frauenmilch hat ein durchschnittliches specifisches Gewicht von 1033 (Schwankungen: 1025—1046) und enthält in 100 Theilen:

Wasser 89, Zucker 5—6, Casein 1,5—2, Fette 3,3, Salze 0,2.

Die Kuhmilch ist reicher an Casein, aber ärmer an Fetten und Zucker als die Frauenmilch.

582. Verschiedene Zustände der Brustdrüse.

1) In dem gewöhnlichen Zustande enthalten die mit Epitelzellen ausgekleideten Drüsenkanäle nur ein Minimum einer klebrigen Flüssigkeit. 2) Während der Schwangerschaft füllen sich die grösser werdenden Epitelzellen immer mehr mit Fettkügelchen und die zunehmend sich erweiternden Drüsenkanäle enthalten in etwas grösserer Menge ein Fluidum, welches freie Fetttröpfchen und fetthaltige Zellen, die Colostrumkörperchen (Donné) führt. Diese letzteren, granulirte maulbeerförmige Gebilde, stellen somit abgestossene Zellen der Drüsenbläschen dar; sie sind entweder noch mit ihrer Zellmembran versehen oder, wenn letztere geschwunden ist, werden die Fettkügelchen durch ein zähes Bindemittel zusammengehalten. 3) In den ersten (3—4) Tagen des Wochenbettes beginnt unter stärkerer Anschwellung der Drüse und bedeutender Érweiterung der äusseren Thoraxarterien ein reger Process in derselben. Das Secret (Colostrum) ist aber noch keine wahre Milch; es enthält, ausser freien Milchkügelchen, eine grosse Anzahl von Colostrumkörperchen, ferner erhebliche Mengen Eiweiss und überhaupt mehr feste Bestandtheile (namentlich Zucker und Salze) als die spätere Milch. 4) Während der Lactation erreicht die Drüse den Höhepunkt ihrer Thätigkeit; nur die feinen Drüsenkanäle enthalten ein mit fetthaltigen Zellen gefülltes Fluidum; in den grösseren Canälen zerfallen die Zellenmembranen und die Milchkügelchen werden frei.

583. Bildung der Milchbestandtheile.

Nasse hat zuerst die Wichtigkeit der Drüsenzellen bei der Milchbildung hervorgehoben. Die Colostrumkörper sind jedenfalls abgestossene Drüsenzellen; ob aber die Milchkügelchen nichts anderes darstellen als freigewordene Fettkügelchen abgestossener Zellen der Drüsenbläschen, oder ob daneben auch eine freie Zellenbildung in den Drüsenkanälen, oder ein blosses Austreten von Fetttröpfchen aus persistirenden, nicht abgestossenen, Epitelzellen vorkommt, muss dahingestellt bleiben. Mehrere Milchbestandtheile sind Elaborate der Drüse und keine einfachen Ausschwitzungsprodukte des Blutes, in welchem sie sich nicht vorfinden. Der Milchzucker, diese specifische Zuckerart, bildet sich wahrscheinlich aus dem Traubenzucker, das Casein aus Proteinsubstanzen des Blutes (nach Panum und Moleschott kommt Casein im Blute Säugender vor). Ueber den Ursprung der Milchfette hat man nur Vermuthungen; möglicherweis sind sie keine direkten Abkömmlinge der Fette des Blutes und bilden sich erst in den Drüsenzellen. Jedenfalls besteht ein Zusammenhang zwischen der Fetterzeugung des Körpers und der Fettausscheidung in der Milch; reichlich buttergebende Kühe bleiben in der Regel mager.

584. Variationen der Milchsecretion.

Zuverlässige Angaben über die Stärke der Milchsekretion des menschlichen Weibes fehlen; sie wird auf etwa 1300 Gramme in 24 Stunden taxirt. Nachdem

die Secretion etwa 8—10 Monate fortbestand, nimmt sie gewöhnlich mit Wiedereintritt der Menstruation rasch ab an Quantität und Qualität. Bei einzelnen Weibern kann übrigens, durch fortgesetztes Säugen die Secretion, wie bei Kühen, Ziegen u. s. w. auf unbestimmte Zeit habituell werden.

Viel umfassender, aber auch zum Theil sehr unter einander widersprechend, sind die Erfahrungen (Simon, Scherer, Becquerel und Vernois, Bödecker u. A.) über die Variationen der chemischen Zusammensetzung der Milch, welche in der That, selbst bei demselben Individuum, ein ziemlich wandelbares Secret darstellt. Gewisse Erfahrungen scheinen nur für die Thierarten, an welchen sie gemacht wurden, zu gelten. Alle Einwirkungen, die den Stoffwechsel schwächen, mindern und verändern auch die Milch. Aufenthalt in reiner Luft, Ruhe des Körpers und Geistes befördern die Sekretion. Der Genuss der Milch nach heftigen Gemüthsbewegungen der Mutter kann im Säugling, aus noch nicht erklärten Ursachen, Brechen, Durchfall u. s. w. erregen. Reichliche Nahrung vermehrt nach den Erfahrungen der Landwirthe die Milchmenge sehr; ebenso ist die Qualität der Nahrung von Einfluss auf Menge und Beschaffenheit der Milch, welche beim Fleischfresser reicher an Casein und Fetten ist, während beim Pflanzenfresser der Zucker vorwaltet. Fettreiche, ausserdem aber auch stickstoffreiche, Nahrung vermehrt den Fettgehalt, Amylonreiche u. s. w. den Zuckergehalt der Milch. In der Kuhmilch nimmt das Fett vom Morgen gegen den Abend bedeutend zu, während die Zuckermenge Mittags am grössten ist (Bödecker). Die Angabe von Parmentier und Deyeux, dass die letzten Portionen einen viel grösseren Buttergehalt zeigen als die ersten, bestätigte Reiset auch für die Frau. Die übrigen Bestandtheile dagegen variiren sehr viel weniger in den einzelnen Portionen der Milch. Verschiedene in die Säftemasse aufgenommene Stoffe, können in die Milch übergehen, z. B. manche Riechsubstanzen, Jod, viele Metalle, namentlich Eisen.

Physiologie des Gesammtorganismus.

(Specielle Physiologie.)

---

585. Eintheilung.

Unsere bisherige Darstellung beschränkte sich auf die Einzelfunktionen an und für sich, wobei der erwachsene Mensch zu Grunde gelegt wurde. Wir betrachten nunmehr die für den Arzt besonders beachtenswerthen Abweichungen, welche die Funktionen unter bestimmten Bedingungen, von den bisher geschilderten mittleren Verhältnissen zeigen, mit einem Wort die wichtigsten physiologischen Zustände des Gesammtorganismus. Unsere Aufgabe zerfällt in 4 Abschnitte:

1. Individuelle Körperzustände. Diese haften dem Einzelnen beständig oder doch durch lange Perioden an. Hieher gehört namentlich die Physiologie der Lebensalter, Geschlechter, Körperkonstitutionen und Temperamente, sowie die Einflüsse des Wuchses und der organischen Massenentwicklung.

2. Körperzustände bedingt durch die Einzelfunktionen. Die letzteren greifen je nach ihrem Thätigkeitsgrade, je nach dem Gebrauch oder Nichtgebrauch, den wir von ihnen machen, in den Gang einiger oder selbst aller übrigen Funktionen ein und veranlassen dadurch mehr oder weniger eigenthümliche Zustände des Gesammtorganismus. Hieher gehört z. B. die Physiologie des verdauenden, sich bewegenden, ruhenden, schlafenden, in bestimmten Phasen der generativen Thätigkeiten begriffenen Organismus.

3. Körperzustände bedingt durch die Aussenwelt. Dieser Abschnitt ermittelt die Veränderungen, welche der Gesammtorganismus erleidet durch die wichtigsten, als Lebensbedingungen wirkenden, normalen äusseren, namentlich atmosphärischen Einflüsse, wie Temperatur, Druck, Feuchtigkeitsgrad u. s. w. der Luft.

4. Periodische Zustände der Gesammtkonstitution.

XXVIII. Individuelle Zustände.

A. Lebensalter.

586. Eintheilung.

Die Einzelfunktionen bieten, wie der Gesammtorganismus überhaupt, im Ablauf des extrauterinalen Lebens drei naturgemässe Entwickelungszustände; 1) Zunahme, Jugend: die Periode des körperlichen und geistigen Wachsthums, mit relativ stärkster Entwickelung der vegetativen Verrichtungen; 2) Stillstand, Reife: die Periode der absolut grössten körperlichen und geistigen Leistungsfähigkeit, der Zeugungskraft, sowie der verhältnissmässig gleichmässigsten und harmonischsten Entwickelung der Funktionen; endlich 3) Abnahme, Alter, charakterisirt durch ein allmäliges Sinken des Stoffwechsels und der körperlichen Kräfte, welchem später auch eine Minderung der geistigen nachfolgt Diese grossen Abtheilungen zerfallen wiederum in eine Reihe specieller Entwicklungsphasen, welche bedingt sind durch das Hervor- oder Zurücktreten, überhaupt durch auffallende Veränderungen bestimmter Funktionen. Obschon diese Phasen sich keineswegs scharf von einander trennen lassen, indem die Uebergänge nur allmälig erfolgen und auch die Individualitäten vielfach modificirend eingreifen, so ist ihre Abgrenzung gleichwohl im Ganzen und Grossen vollkommen gerechtfertigt.

Man unterscheidet folgende Entwicklungsphasen: 1) Säuglingsalter; dasselbe umfasst von der Geburt bis zum ersten Zahnausbruch etwa die 7—9 ersten Monate des Lebens. Unmittelbar nach der Geburt erleidet der Körper eingreifendere und schnellere Veränderungen als in irgend einer andern Lebensperiode; er hört auf, von einem gleichwarmen Medium umgeben zu sein, die Athmungs-, Verdauungs- und Sinnesorgane beginnen ihre specifischen Thätigkeiten. 2) Späteres Kindesalter, vom Zahnausbruch bis zum Zahnwechsel; vom Ende des ersten bis zum 7. Lebensjahr. 3) Knabenalter, vom Zahnwechsel bis zur Pubertätsentwicklung, vom 7. bis zum 14.—15. Jahr. 4) Jünglingsalter, von der Pubertätsentwicklung bis zum vollendeten Längswachsthum des Körpers. Diese Periode, den Uebergang vom Wachsthums- zum Reifestadium darstellend, reicht ungefähr bis zum 21.—22. Jahr. 5) Früheres Mannesalter. Vom Anfang des 3. Jahrzehends bis zur Mitte des 5. Jahrzehends. Dieser grösste Zeitraum des Lebens umfasst, namentlich in seiner ersten Hälfte, die Culmination der meisten physiologischen Funktionen. 6) Späteres Mannesalter, von der Mitte des 5. Jahrzehends bis etwa zum 62.—65. Jahr. Die Rückbildung beginnt, anfangs allerdings nur langsam; die Zeugungskraft, namentlich der Frau, hört auf. 7) Greisenalter, etwa vom 65.—80.

Jahr, und endlich 8) das hohe Greisenalter, als natürlicher Abschluss des Lebens.

Unter Rejuvenescenz versteht man das, allerdings nur sehr seltene, Wiederauftreten einzelner oder mehrerer jugendlicher Charaktere im höheren Alter. Die Menstruation stellt sich, und zwar in regelrechter Periodicität, wieder ein; die Brustdrüsen können sogar ein milchähnliches Secret bereiten; neue, wenn auch unvollkommene Zähne brechen durch und zwar selbst nach vorhergegangenem vollständigem Zahnwechsel; die gebleichtem Haare gewinnen wieder eine dunklere Färbung u. s. w.

587. Mortalitätsgesetze.

In Centraleuropa kommt jährlich 1 Todesfall auf etwa 36 Menschen. An dieser durchschnittlichen Mortalität betheiligen sich aber die einzelnen Altersklassen in sehr verschiedenem Grade, was von der Anzahl der vorhandenen Individuen einer Altersklasse und der mittleren Lebensfähigkeit der letzteren abhängt. Je niederer die Sterblichkeit, desto nachhaltiger und kräftiger gehen die Verrichtungen von Statten, desto leichter werden Störungen derselben wieder ausgeglichen und desto grösser ist die Widerstandskraft eines Lebensalters gegen äussere Einflüsse. Am bedeutendsten ist die Sterblichkeit im ersten Jahr, namentlich in den ersten Lebensmonaten; auf 4 Individuen des ersten Lebensjahres kommt fast ein jährlicher Todesfall; vom 3.—5. Jahre nimmt die Mortalität rasch ab; sie erreicht ihr Minimum in der ersten Hälfte des dritten Jahrzehends (etwa 1 jährlicher Sterbefall auf 80—90 Individuen); von hier an nimmt sie, anfangs nur langsam, zu; im 7. Decennium stirbt 1 von etwa 15 Menschen desselben Lebensjahres.

Von 10,000 Neugebornen leben noch:

nach Ablauf von Jahren	Preussen	Belgien
1	7506	7753
2	—	7054
3	6316	6653
5	5825	6244
10	5301	5825
15	—	5602
20	4852	5345
25	4572	4999
30	4303	4675
35	4030	4382
40	3748	4088
45	3417	3790
50	3078	3478
55	2688	3117
60	2264	2724
65	1735	2246
70	1242	1701
75	768	1127
80	399	586
85	160	246
90	51	68
95		15
100		1

In Mitteleuropa kommen auf 100 Individuen der Gesammtbevölkerung ungefähr

20	von	0 —	7	Jahren
15	„	7 —	14	„
47	„	14 —	45	„
12	„	45 —	60	„
6	über		60	„

588. Entwickelung des Wuchses.

Der Körper wächst nach allen Dimensionen; wir beschränken uns auf das am besten bekannte Längswachsthum. Quetelet stellt (für die männliche Population Brüssel's) folgende Normen auf. Am raschesten ist das Wachsthum unmittelbar nach der Geburt; es beträgt im ersten Lebensjahr ungefähr 20 Centimeter und sinkt im zweiten Jahr schon auf die Hälfte, im dritten ungefähr auf ein Drittel dieses Werthes. Zwischen dem 5. und 16. Jahr erfolgt das jährliche Wachsthum ziemlich regelmässig, durchschnittlich um etwa 5½ C. M.; von da an aber nimmt die jährliche Wachsthumszahl bedeutend ab, um zu Anfang der Zwanziger sehr gering zu werden. Quetelet vermuthet, dass das Längswachsthum selbst im 25. Jahr noch nicht vollständig abgeschlossen sei. Vom 50. Jahre an werden beide Geschlechter kleiner; diese Verminderung kann bis zum 80. Jahr 6—7 C. M. betragen.

Zeising's Messungen führten zum Theil auf abweichende Verhältnisse; nach ihm nimmt der jährliche Längszuwachs permanent ab bis zum 9. Jahr, von da an aber wieder zu bis zum 16. Jahr (jedoch mit nicht unerheblichen Schwankungen), während vom 17. Jahr an wieder eine Abnahme eintritt.

Alter	Körperlänge in Centimetern	
	nach Quetelet	nach Zeising.
Neugeborne	50,0	48,5
1 Jahr	69,8	75,7
2	79,1	86,3
3	86,4	95,0
4	92,8	102,5
5	98,8	108,4
6	104,7	115,0
7	110,5	121,4
8	116,2	125,4
9	121,9	126,0
10	127,5	130,5
11	133,0	132,3
12	138,5	136,0
13	143,9	143,7
14	149,3	148,6
15	154,6	154,0
16	159,4	161,5
17	163,4	164,0
18	165,8	167,2
19	—	169,0
20	167,4	171,5
21	—	173,1
25	168,0	—

Die einzelnen Körperabtheilungen zeigen in ihrem Wachsthume erhebliche Abweichungen, wie aus der Vergleichung der Maasse des Neugebornen mit denen des Erwachsenen hervorgeht. Der erstere verhält sich zum letzteren

in der	Totalhöhe	wie	1 :	3,6
	Kopflänge	„	1 :	2,
	Brusthöhe	„	1 :	3,2
	Armlänge	„	1 :	3,7
	Beinlänge	„	1 :	4,7

589. Entwickelung des Körpergewichtes.

Die Gewichtszunahme des wachsenden Körpers ist verhältnissmässig viel bedeutender als die Längenzunahme; der Erwachsene wiegt ungefähr 20mal so viel als der Neugeborene, während er nur etwa 3½mal so lang ist. Am Ende des ersten Jahres ist der Körper um 6 Kilogramme schwerer geworden und hat dadurch sein Gewicht verdreifacht; in keinem Lebensjahr ist die absolute und relative Wachsthumszahl grösser als in diesem. Das Maximum des Gewichtes wird beim Manne um das 40. Jahr erreicht; gegen das 60. Jahr beginnt eine merkliche Abnahme, welche bis zum 80. ungefähr 6 Kilogramme beträgt. Die einzelnen Lebensjahre bieten nach Quetelet folgende Körpergewichte in Kilogrammen:

Alter	Mann	Weib	Alter	Mann	Weib
0 Jahr	3,20	2,91	14	38,76	36,70
1	9,45	8,79	15	43,62	40,37
2	11,34	10,67	16	49,67	43,57
3	12,47	11,79	17	52,85	47,31
4	14,23	13,00	18	57,85	51,03
5	15,77	14,36	20	60,06	52,28
6	17,24	16,00	25	62,93	53,28
7	19,10	17,54	30	63,65	54,33
8	20,76	19,08	40	63,67	55,23
9	22,65	21,36	50	63,46	56,16
10	24,52	23,52	60	61,94	54,30
11	27,10	25,65	70	59,52	51,51
12	29,82	29,82	80	57,83	49,37
13	34,38	32,94	90	57,83	49,34

Während des ersten Lebenstages findet eine Gewichtsabnahme statt; dieselbe kann sich fortsetzen bis in die zweite Woche. Viele Neugeborne zeigen nach einigen Tagen eine merkliche Minderung ihrer Völle und Lebensfrische; Breslau fand das Körpergewicht bei ungefähr ⅔ der Kinder in der Mitte der zweiten Woche geringer (um $^{1}/_{15}$) als unmittelbar nach der Geburt.

Das Gewichtsverhältniss der Einzelorgane zum Gesammtkörper bietet grosse Verschiedenheiten im Verlauf des Lebens. Beim Neugebornen prävaliren die Eingeweide, namentlich auch desshalb, weil die Extremitäten verhältnissmässig viel weniger entwickelt sind als in der späteren Lebenszeit.

590. Muskelthätigkeiten.

Nur allmälig kommt das Kind, dessen Extremitäten relativ kurz und wenig entwickelt sind, zur Beherrschung der Skeletmuskeln. Reflexbewegungen sind in diesem Alter besonders häufig. Schon im 4.—5. Monat ergreift das Kind absichtlich Gegenstände; im 7. beginnt es, da das Volum des Kopfes relativ mehr zurücktritt und die Muskeln an Ausbildung gewinnen, sicherer zu sitzen; zu Ende des ersten Jahres macht es Stehversuche; im Anfang des zweiten Jahres lernt es gehen.

Zur genauen Vergleichung der Muskelkraft können nur Angaben über den

täglichen Nutzeffekt (93) dienen; solche existiren aber bloss für den erwachsenen Arbeiter und fehlen für die früheren und späteren Lebensperioden, in welchen die Leistungen der Muskeln erheblich geringer sind. Wir müssen uns desshalb beschränken auf die Angaben Regnier's, Quetelet's u. A. über die Fähigkeit verschiedener Altersklassen, Gewichte zu heben, oder mittelst der Hände oder Lenden momentane maximale Druck- und Zugwirkungen auszuüben, zu deren Messung die sog. Dynamometer (91) verwandt werden. Die Muskelkraft scheint zwischen 8—16 Jahren ziemlich regelmässig, vom 17. an aber viel schneller zu wachsen; zwischen dem 25. Jahr bis in das fünfte Decennium hinein hat sie ihr Maximum erlangt. Der dynamometrische Effekt des Erwachsenen, dessen Muskelfasern ausserdem durchschnittlich breiter sind, ist etwa 8mal grösser als der eines Sechsjährigen; die Differenzen der beiderseitigen täglichen Nutzeffekte sind wohl erheblich grösser.

591. Blut.

Sichere Angaben über etwaige Differenzen der relativen Blutmenge in den verschiedenen Lebensaltern fehlen; die bekannte Erfahrung, dass kleine Kinder Blutverluste schwer ertragen, beweist jedenfalls nichts für eine geringere proportionale Blutmenge derselben. Das Blut, welches von äusseren Einflüssen überhaupt verhältnissmässig unabhängiger ist, scheint geringere Unterschiede in den einzelnen Lebensaltern zu bieten, als die meisten übrigen Säfte. Im Kinde hat dasselbe, dem Erwachsenen gegenüber, folgende Charaktere: geringeres specifisches Gewicht, hellere Röthung, schnellere Gerinnungsfähigkeit; in gleichen absoluten Volumina weniger mikroskopische Blutkörperchen (Stöltzing); im Verhältniss zu den farbigen mehr farblose Körperchen (Moleschott); überhaupt weniger feste Bestandtheile, namentlich auch Fibrin und Salze, dagegen angeblich mehr Fette und sog. Extractivstoffe. Das Blut Neugeborner ist arm an Fibrin; der Fibringehalt erreicht das Maximum um 3—5 Jahrzehend, später sinkt er wieder ein wenig (Nasse, Denis u. A.). Im höhern Alter wird das Blut wiederum ärmer an Fixa, vorzugsweise an Körperchen und Eiweiss, aber reicher an Cholesterin (Becquerel und Rodier); auch soll die relative Menge der farblosen Körperchen noch mehr zurücktreten als im Erwachsenen.

592. Blutlauf.

Das Herz des Neugebornen beträgt etwa $^1/_{120}$, das des Erwachsenen bloss $^1/_{200}$ und noch weniger des Körpergewichtes; im Greise wird es kleiner und leichter. Die Pulsfrequenz sinkt von der Geburt an bis gegen die Mitte der Zwanziger Jahre, um von da an lange Zeit nahezu stationär zu bleiben (72 Schläge in der Minute); sie steigt gegen das 60. Jahr allmälig auf 75 und beträgt im höheren Greisenalter etwa 79 (Guy, Volkmann u. A.). Die mittlere Pulsfrequenz ist in der ersten Lebenswoche 129—130 — im 2. Jahr: 111 — 3: 108 — 5: 103 — 10: 91 — 15: 82 — 20: 74 — 25: 72, Unterschiede, die

durchaus nicht ausschliesslich von den Körperlängen, sondern zum Theil von Alterseinflüssen selbst abhängen. Im Erwachsenen zeigt der Puls eine grössere Celerität als in der Jugend. Die absolute Pulsgrösse ist in mittleren Lebensjahren grösser als in Greisen und selbstverständlich viel bedeutender als im Kinde. In der Jugend variirt die Grösse der auf einander folgenden Pulsschläge mehr als im Erwachsenen, in welchem überhaupt der Kreislauf am Gleichmässigsten von Statten geht. Der aussetzende Puls ist nicht selten während der Pubertätsentwicklung und im Greisenalter.

Der arterielle Blutdruck ist in jungen Individuen bedeutend geringer als im Erwachsenen. Die Venen beherbergen in allen Lebenszuständen mehr Blut als die Arterien; diese Präponderanz nimmt aber mit zunehmendem Alter immer mehr zu. Die Dauer eines Blutumlaufes ist in jüngeren Thieren erheblich kürzer als in älteren.

Hering erhielt folgende Kreislaufszeiten in der Jugularisbahn von Pferden:

Alter in Jahren.	Kreislaufszeit in Secunden.
8,8	22,5
17,7	25,0
21,1	29,2

Die Körpergewichtseinheit des Kindes erhält unzweifelhaft viel mehr Blut, als zu derselben Zeit das gleiche Gewicht des Erwachsenen empfängt.

593. Verdauung.

Einige Stunden nach der Geburt stellen sich, wenigstens in kräftigeren Neugeborenen, die Zeichen des Hungers ein, das Kind wird unruhig, macht Saugbewegungen und ergreift mit Begierde die Brust. In den ersten Tagen werden namentlich minder kräftige Kinder durch die Saugbewegungen leicht ermüdet, bald aber erlangen die betreffenden Muskeln eine bemerkenswerthe Energie. Die Zunge ist relativ sehr gross und das Fehlen der Zähne erleichtert das Umfassen der Brustwarze. Gegen Ende des ersten Jahres, mit allmäligem Festerwerden der Zufuhren, kommen die Kaumuskeln mehr in Thätigkeit. Die Peristaltik des Darmes erfolgt im Kindesalter energisch; die Fäces werden einigemal im Tage (im Greisenalter aber unregelmässiger und sehr viel seltener) entleert. Die Fäces der ersten Lebenstage enthalten starke Beimischungen von Meconium (729); diejenigen des Säuglings sind halbflüssig, hellgelb, sie riechen nicht stark und führen häufig ziemlich viel Fett und geronnenen Käsestoff; auch kommen der Farbstoff und die Säuren der Galle zum Theil unverändert im Koth wieder zum Vorschein.

Der Nahrungsschlauch, wie alle übrigen Körperstellen, resorbirt im Säugling rascher als im Erwachsenen, wegen des relativ intenseren Blutumtriebes und der relativ stärkeren Secretion der (meisten) Verdauungssäfte. Das Vorkommen theilweis unverdauter Nahrungsstoffe in den Fäces des Säuglings erklärt sich aus der Kürze des Aufenthaltes des Einverleibten im Darmkanal und aus den oft über Bedarf einverleibten Massen. Viele Speisen können übrigens selbst von älteren Kindern nicht gehörig verdaut werden. Im späteren Mannesalter nimmt

die Verdauungsfähigkeit wieder ab, um im Greisenalter qualitativ und quantitativ am meisten zu sinken. Das Kind nimmt viel häufiger und relativ copiösere Zufuhren auf als der Erwachsene oder gar der Greis; die Verdauungskraft ist somit in den ersten Lebensjahren (im Verhältniss zum Körpergewicht) quantitativ am höchsten, während in den mittleren Jahren die qualitative Verdauungsfähigkeit kulminirt, indem die verschiedenartigsten Substanzen bewältigt werden können.

Die Mundspeicheldrüsen sind anfangs relativ unentwickelt; in den ersten Wochen des Lebens findet (nach Bidder und Schmidt während der ganzen Säuglingsperiode) keine eigentliche Speichelsecretion statt. Der Blindsack des Magens ist im Säugling und Kinde wenig entwickelt, eine der Ursachen der Leichtigkeit des Brechens in dieser Lebenszeit.

Der Zahnausbruch, mit welchem die Säuglingsperiode naturgemäss abgeschlossen ist, kann bloss nach seiner Zeitfolge kurz erörtert werden. Er beginnt im 6. — 9. Monat nach der Geburt und ist von grösserem Blutreichthum der Mundorgane und stärkerer Speichelsecretion begleitet. Weniger das sog. „Zahnen" an sich, als die sonstigen Veränderungen, namentlich das stärkere Knochenwachsthum überhaupt, der Nahrungswechsel u. s. w. sind in dieser Lebensperiode bedeutungsvoll. Der Ausbruch geschieht gewöhnlich in nachstehender Folge: zuerst die inneren Schneidezähne des Unterkiefers, dann die inneren Schneidezähne des Oberkiefers, hierauf die äusseren Schneidezähne des U. K. und später des O. K.; erste vordere Backzähne im U. K. und sodann im O. K.; Eckzähne (Mitte des 2. Jahres); zweite Backzähne. Am Ende des 2. Jahres ist das Kind gewöhnlich im Besitz seiner 20 sog. Milch- oder Wechselzähne.

Ueber einen gewissen Umfang können die Milchzähne sich nicht vergrössern, sie stehen dann mit dem Wachsthum der Kieferknochen nicht mehr im richtigen Verhältniss; ihre Ernährungsgefässe verkümmern und ihre Wurzeln werden nach und nach resorbirt, so dass die Zähne locker werden und ausfallen. Die bleibenden Zähne brechen in folgender Reihe hervor: erste grosse Backzähne, innere Schneidezähne (7 Jahr), äussere Schneidezähne (8), erste kleine Backzähne (9—10), Eckzähne (10—12), zweite kleine Backzähne (11—13), zweite grosse Backzähne (13 Jahr). Der dritte grosse Backzahn folgt ums 18—20. Jahr, oft noch später nach.

Im Verlauf des Lebens nützen sich die Zähne durch Abschleifung beim Kauen allmälig ab und zwar die des Unterkiefers früher. Im höheren Alter fallen sie nach und nach aus; betagte Greise sind meist zahnlos, die leeren Zahnhöhlen werden geschossen und endlich schwinden selbst die Alveolarränder der Kieferknochen. Doch ermöglicht das härter werdende Zahnfleisch immer noch mehr oder weniger die Zerkleinerung der Speisen.

594. Respiration.

Nach der Geburt hört der durch die Placenta vermittelte Gasaustausch zwischen dem mütterlichen und kindlichen Blut auf. Die dadurch entstehende venöse Blutbeschaffenheit, sowie auch die zahlreichen neuen und heftigen Eindrücke auf die sensibelen Nerven, vor allem aber die Gemeingefühle der Respirationsmuskeln (480) üben einen mächtigen Reiz auf das Centrum der Respirationsbewegungen, wodurch die prima inspiratio veranlasst wird.

Die Nabelgefässe werden durch Blutpfröpfe geschlossen und obliteriren bald; an der Einsenkungsstelle der Nabelschnur in die Haut entsteht eine kleine Eiterung, der am Kind hängende Nabelschnurrest mumificirt und fällt durchschnittlich am 6. Tage ab.

Unmittelbar nach der Geburt ist das Respirationsbedürfniss nicht gross (Buffon, Legallois, W. Edwards). Das Blut hat in den ersten Lebenstagen immer noch eine mehr venöse Beschaffenheit; neugeborene Hunde können eine Zeit lang unter Wasser gehalten werden, ohne zu ersticken; die Respiration

kann sogar, wenn sie schon begonnen hat, in einzelnen Thieren wieder ½—¼ Stunde ohne Lebensgefahr unterdrückt werden. Der von einer Suspension alles respiratorischen Gaswechsels begleitete Scheintod der Neugebornen währt, wie die Geburtshelfer vielfach erfahren, unter Umständen lange.

Die absolute Intensität des respiratorischen Gaswechsels nimmt (wir meinen besonders das männliche Geschlecht) zu bis in das 5. Decennium, d. h. so lange der Körper an Gewicht zulegt; in den spätern Lebensjahren sinkt sie wieder. Im Verhältniss zum Körpergewicht ist dagegen die Respiration des Kindes energischer als im Erwachsenen. Die Sauerstoffabsorption im Vergleich zur Kohlensäureexhalation ist relativ am grössten in jüngeren Thieren (Despretz).

Ein 10jähriger Knabe bildete in den Versuchen Scharling's (611) fast doppelt soviel Kohlensäure als gleiche Gewichtstheile Erwachsener. Die folgenden Angaben Andral's und Gavarret's über die Kohlensäureausscheidung in verschiedenen Lebensaltern beruhen noch auf der relativ grössten Anzahl von Einzelfällen. Die Versuchsmethode dieser Forscher bedingt übrigens etwas zu hohe Werthe.

Alter in Jahren.	Kohlensäure in Grammen in 24 Stunden.
8	440
15	765
16	949
18—20	1002
29—40	1072
40—60	887
60—80	808

Die Zahl der Athemzüge in der Minute ist nach Quetelet's Angaben (die für den ruhigen und nicht durch Kleider u. s. w. beengten Zustand jedenfalls zu hoch sind), beim Neugebornen 44, im 5. Jahre 26, vom 15.—20. Jahr 20, vom 25.—30. dagegen 16 (Minimum). Im höheren Greisenalter sind die Athemzüge etwas frequenter, aber weniger tief als in den Mitteljahren (Geist). Ueber die jedenfalls sehr grossen Differenzen der geathmeten Luftvolumina ist nichts bekannt. Die sog. Vitalcapacität der Lungen steigt nach Hutchinson bis zum 35. Jahr, um von da an wieder zu sinken. Kinder von 5—7 Jahren liefern nach Schnepf 800—1000 C. C. M. Luft mittelst einer stärksten Ausathmung, also ungefähr 4 mal weniger als der Erwachsene. Während der Pubertätsentwicklung nimmt die Lungencapacität schnell zu. Die Lungen sind im Ruhezustand des Körpers im Mannesalter von ihrer Maximalfüllung viel weiter entfernt als im Greisen, dessen Luftvorrath somit viel weniger variabel gemacht werden kann; zugleich nimmt in letzterem das Gewicht, der Saftreichthum und die Elasticität der Lungen bedeutend ab, der Pigmentgehalt aber zu, und viele Lungenzellen veröden vollkommen.

Ueber die Perspiration der Cutis in den verschiedenen Lebensaltern ist nichts bekannt. Nach der Geburt reinigt sich die Haut, unter lebhafter Abstossung der Epidermis und die perspiratorischen Funktionen beginnen alsbald. Die Cutis des Kindes ist blutreicher und, wie auch die Epidermis, zarter als im Erwachsenen. Die meisten Epidermoidalgebilde zeigen in der Jugend ein bevorzugtes Wachsthum. Das Grauwerden der Haare soll besonders von zahlreichen, sehr kleinen, lufterfüllten Hohlräumen in der Rindensubstanz abhängen. Das Greisenalter ist sehr wenig zum Schwitzen geneigt.

595. Leber und Lymph- und Blutgefässdrüsen.

Die Blutcirkulation durch die Leber erfährt nach der Geburt wesentliche Veränderungen (730), das Organ wird blutärmer und weniger dunkel gefärbt als im Fötus; dagegen nimmt die Gallensecretion bedeutend zu. Die vorher röthliche Haut färbt sich nach 20—30 Stunden auf die Dauer einiger Tage etwas gelblich, ein Zustand, der gewöhnlich von in das Blut übergegangenen grösseren Mengen Gallenfarbstoffes (?) abgeleitet und als »Gelbsucht« der Neugeborenen bezeichnet wird. Im Neugeborenen nimmt die Leber $^1/_{20}$, im Erwachsenen nur $^1/_{36}$ des Körpergewichts ein.

Im höhern Alter soll der Cholesteringehalt der Galle zunehmen; sicher ist bloss, dass Gallensteine aus Cholesterin in dieser Lebenszeit häufiger vorkommen.

Das Lymphsystem präponderirt im Kindesalter viel mehr als im Erwachsenen; Krankheiten der Lymphdrüsen sind in den ersten Lebensjahren sehr häufig. Auch haben nach Frey die Lymphdrüsen in der Jugend ihre volle Ausbildung und erleiden später eine Verkümmerung ihrer wesentlichsten Theile, indem sich, namentlich in den centralen Parthieen (der sog. Marksubstanz) immer mehr Bindegewebe auf Kosten der Drüsensubstanz entwickelt, nicht selten mit Fettzellen- oder Pigmenterzeugung.

Die Thymus wächst nach Friedleben durchschnittlich bis zum Ende des 2. Jahres, bleibt dann stationär, um gegen die Pubertät hin allmälig kleiner zu werden. Im Mannesalter tritt sie bedeutend zurück, die Gefässe veröden, das Gewebe verfällt einer fettigen Metamorphose und schwindet immer mehr. Die Schilddrüse hat ihr relativ höchstes Gewicht im Neugebornen, während die Milz im Erwachsenen nicht nur absolut, sondern auch relativ am schwersten ist. Sie wächst namentlich im ersten Lebensjahr stark, ihre Malpighi'schen Körperchen sind in jungen Individuen viel deutlicher; im Greisen ist das Organ kleiner, derber und blutärmer.

596. Harnbildung.

Lecanu, Scherer, Bischoff, Mosler u. A. haben den Harn verschiedener Lebensalter untersucht. Nach der Geburt kommen die Nieren in lebhafte Thätigkeit und das Secret führt bereits alle normalen Harnbestandtheile. In den ersten Tagen des Lebens enthalten die Nieren und der Urin oft cylindrische Säulchen, aus amorphem harnsaurem Ammoniak, Epitelzellen und einzelnen Harnsäurekrystallen bestehend; diese sog. Harnsäureinfarcte können ihrer Häufigkeit wegen nicht als eine pathologische Erscheinung aufgefasst werden. Schon die Art der Nahrung bringt eine verhältnissmässig grosse Intensität der Harnbildung im Säugling mit sich, wie denn diese Funktion, und zwar mehr als manche andere des vegetativen Lebens, im Kindesalter bedeutend vorwiegt. Das relative Gewicht der Nieren ist im Neugeborenen etwa doppelt so gross als im Erwachsenen. Die 24stündige Harnmenge bestimmte Picard an einem 6tägigen

Kinde auf 160 Gramme; für das 3.—5. Jahr wird sie zu ungefähr 800—900, für das spätere Knabenalter sogar zu etwa 1500 Grammen angegeben, also nicht viel weniger als im Erwachsenen. Dem entspricht auch der starke Durst der Kinder. Nach Scherer kommen auf gleiches Körpergewicht Kind viel mehr Harn, feste Harnbestandtheile überhaupt, Harnstoff und Salze, als im Erwachsenen; während im letzteren die proportionale Menge der übrigen organischen Harnbestandtheile (ausser Harnstoff) vorschlagen soll. Der Urin des Kindes enthält, wegen des starken Knochenwachsthums, relativ wenig phosphorsauren Kalk (nach Manchen überhaupt Phosphate), dagegen soll die Hippursäure verhältnissmässig vermehrt sein.

Mosler machte folgende Angaben (in Grammwerthen) über die absolute und relative 24stündige Harnbildung seiner verschiedenaltrigen Versuchspersonen:

	Späteres Knabenalter.	Mann	Auf 1 Kilogr. Körpergewicht	
			Knabe	Mann
Urinmenge	1526	1875	78	40
Harnstoff	18,8	36,2	0,95	0,75
Kochsalz	8,6	15,6	0,44	0,32
Schwefelsäure	1,0	2,6	0,06	0,05
Phosphorsäure	3,0	4,9	0,16	0,08

Ueber den Greisenharn giebt es bloss fragmentäre Erfahrungen. Die festen Bestandtheile nehmen erheblich ab, die Harnmenge aber noch mehr, daher ist das specifische Gewicht meist etwas höher (Geist). Die Extractivstoffe sollen bedeutend zunehmen (v. Bibra). Die Contractilität der Blase ist gesunken; die nächtlichen Harnentleerungen präponderiren relativ viel mehr als in den übrigen Lebenszeiten.

597. Körperwärme.

Die normalen Temperaturdifferenzen der Altersklassen gehen kaum über 1° C. hinaus; ja es sind sogar die Schwankungen der Körperwärme gleich nach der Geburt, trotz der bedeutenden Unterschiede von den bisherigen Lebensbedingungen, nur geringfügig. Den Gang der Temperaturkurve schildert v. Bärensprung folgendermaassen. Am höchsten ist die Körperwärme bei der Geburt (37°,8 im Mastdarm); sie sinkt dann in den ersten Stunden des Lebens um etwa 1° C., erhebt sich aber in den nächsten Tagen wieder auf 37°,5 und behält diesen Werth ungefähr bis zur Pubertätszeit bei. Von hier an beginnt ein geringes Sinken; das Minimum (36°,9) fällt in das 5. Jahrzehnd. Später erhebt sich die Temperatur auffallenderweise wieder fast bis zu dem Werth des Kindesalters.

Die Wärmebildung im Verlauf des Lebens geht parallel mit der Intensität des respiratorischen Gaswechsels. Die absolute Wärmemenge wächst somit (anfangs schneller, später nur sehr langsam) bis in das 4. Decennium hinein, um von da an wieder erheblich zu sinken. Dagegen producirt das Kind grössere Wärmemengen als das gleiche Körpergewicht des Erwachsenen, (nach Barral ein 6jähriger Knabe $^1/_3$ (nur?) mehr als der Mann).

In jüngeren Organismen greifen die Abkühlungsmomente relativ viel mehr ein als im Erwachsenen; dadurch ergibt sich unmittelbar die Nothwendigkeit einer verhältnissmässig grossen Wärmeneubildung. Eine Hauptrolle bei den Wärme-

verlusten spielt die Hautoberfläche, welche nicht bloss blutreicher, sondern auch verhältnissmässig viel grösser ist als im Erwachsenen. (Nach Valentin kommt auf die Volumeinheit des Körpers im Neugeborenen eine fast 3mal grössere Hautoberfläche als im Erwachsenen.) Sehr junge Thiere erkalten schnell unter ungünstigen Verhältnissen, z. B. aus dem Nest genommene Vögel (M. Edwards). Der Greis friert leicht und widersteht der Kälte viel weniger als der Jüngling und Mann.

598. Quantität des Gesammtstoffwechsels.

Sämmtliche Funktionen des Stoffwechsels bieten im Verlauf des Lebens, im Ganzen und Grossen, einen annähernden Parallelismus. Die absolute Intensitat der vegetativen Funktionen nimmt (anfangs schneller, später langsam) zu bis in das 3. oder selbst 4. Decennium, verharrt dann eine Zeit lang stationär, um später wieder langsam zu sinken. Im Verhältniss aber zum Körpergewicht sind die Funktionen am intensesten im 1. Lebensjahr, von wo an sie, anfangs etwas schneller, später langsamer, sinken. Desshalb bedürfen Kinder verhältnissmässig die stärksten Zufuhren, wie sie auch dem Hunger viel früher erliegen als Erwachsene; in Krankheiten können sie schnell abmagern und sich ebenso rasch wieder erholen; Wunden heilen am schnellsten im Kinde, am langsamsten (Knochenbrüche z. B.) im Greisen. Letzterer erträgt, obschon sein Nahrungsbedürfniss und seine Esslust an sich schon erheblich geringer sind, den Nahrungsmangel viel schlechter als der Erwachsene in mittlern Jahren. Der normale Stoffwechsel des Greisen nähert sich eben allmälig der untern minimalen Grenze, bei welcher die Funktionen überhaupt noch bestehen können, ein Zustand, der keine eingreifenden Veränderungen der gewöhnlichen Lebensbedingungen auszuhalten vermag.

Im Zusammenhang mit der Stärke des relativen Stoffwechsels steht das Bedürfniss nach Schlaf. In den ersten Lebenswochen wacht das gesunde Kind fast nur, um Nahrung aufzunehmen; mit 6 Monaten bleibt es schon Stunden lang wach, aber selbst 1 Jahr alt schläft es immer noch mehr, als es wacht, und auch im 3. und 4. Jahr schläft es zeitweis während des Tages. Am tiefsten ist der Schlaf im Knabenalter. Der 5- bis 6jährige schläft 9—10, der Erwachsene 6—7 Stunden, der Greis viel weniger.

Die Zufuhren in den Nahrungsschlauch betragen beim Erwachsenen in 24 Stunden 3200 Gramme durchschnittlich, also etwa $^1/_{20}$ des Körpergewichts; in der Mitte des ersten Lebensjahres soll das Kind ungefähr 1300 Gramme Milch (es wird nicht alles resorbirt!) im Tage zu sich nehmen, also etwa $^1/_6$ ja sogar $^1/_5$ (?) seines Körpergewichts. Nach Bartsch beläuft sich die Milchzufuhr des Säuglings im 1. Tag auf einige 20 Gramme, im 5. schon auf 500 (etwa $^1/_7$ der Körperschwere).

In den Versuchen Mosler's kamen auf 1 Kilogramm Körpergewicht folgende 24stündige Gesammteinnahmen: Knabe von 6 Jahren: 144 Gramme, von 11 Jahren: 115; 18jähriger Mann 79, 21jähriger 71 Gramme.

599. Qualität des Gesammtstoffwechsels.

Ueber eine Grundfrage, nämlich die gesetzlichen Veränderungen, welche die chemische Constitution des Gesammtorganismus im Ablauf

des Lebens erleidet, sind nur spärliche Thatsachen bekannt. Die grössten Schwankungen bietet der Fettgehalt. Die Fettmassen, namentlich des Unterhautzellgewebes, sind schon im Neugebornen ansehnlich; sie nehmen im Säuglingsalter absolut und relativ bedeutend zu. Der Knabe wird magerer, zum Theil wegen seines starken Muskelgebrauches; noch mehr aber nimmt das Fett um die Pubertätszeit ab. In den mittleren Lebensjahren, wo die schlankeren Formen des Körpers allmälig einem Wachsthum in die Dicke weichen, ist die Neigung zum Fetterwerden häufig wieder grösser; während im Greisenalter, neben stärkerer Abmagerung überhaupt, eine grosse Abnahme des Fettgehaltes der Haut und des übrigen Körpers eintritt. Die proportionale Menge der festen Körperbestandtheile überhaupt nimmt nach v. Bezold in der ersten Lebenszeit bedeutend, später aber bis zum vollendeten Wachsthum viel langsamer zu; wogegen die relative Menge unorganischer Körperbestandtheile während des Wachsthums ziemlich stetig sich steigert. Die Mineralbestandtheile der Knochen bieten übrigens keine wesentlichen Differenzen in den verschiedenen Lebensaltern.

Die Zufuhren variiren auch hinsichtlich der Qualität in hohem Grade im Verlauf des Lebens. So lange der Körper wächst, bedarf er sowohl grosser Mengen stickstoffhaltiger Nährstoffe, als auch, wegen seiner relativ grossen Wärmeverluste, bedeutende Massen sog. Respirationsmittel. Beachtenswerth ist die grosse Verschiedenheit in dem Verhältniss beider Arten von Alimenten. In der Milch, der naturgemässen Nahrung des Säuglings, verhalten sich die Stickstoffhaltigen zu den Stickstofflosen wie 1 zu 2 bis 2½; in der Nahrung des Knaben wie 1 zu 5½ nach Playfair, in der des Erwachsenen endlich wie 1 zu 3½.

600. Generationswerkzeuge.

Ein Curiosum ist die Milchsecretion des Neugeborenen. Die Brüste schwellen ein wenig an und werden blutreicher und die Milchdrüsen liefern, einige Tage oder selbst 2—4 Wochen hindurch, kleine Mengen eines Secretes mit den mikroskopischen und chemischen Charakteren der Milch. Gubler fand in demselben 2,3 % Casein, 1,4 % Fette und 6,4 % Zucker und Extraktivstoffe. Die meisten Kinder beiderlei Geschlechtes bieten diese Erscheinung, die keineswegs, wie der Volksname »Hexenmilch« erwarten lässt, anomal ist.

Die specifischen Funktionen der Genitalien entwickeln sich allmälig mit dem Eintritt der Pubertät. Die Generationsapparate werden in beiden Geschlechtern blutreicher und wachsen stärker; die Schaamhaare brechen hervor, die Secretion der Talgdrüsen dieser Körperstelle nimmt zu. Die Eichel und das Glied, die Samenblasen, Prostata und Hoden vergrössern sich. Die Samenkanälchen des Hodens führen, während sie im Knaben bloss unentwickelte helle Zellen enthielten, ein Secret mit zunehmend reichlicheren Samenfäden. Im weiblichen Geschlecht gewinnt die Beckengegend relativ viel an Umfang, die Schleimhaut der Genitalien sondert stärker ab, der Uterus wächst bedeutend, die Eierstöcke

werden grösser, saftreicher und produciren nach und nach reife, befruchtungsfähige Eichen, welche unter den Begleiterscheinungen der Menstruation abgestossen werden. Die Brüste schwellen an und die Brustwarzen treten stärker hervor.

Die generativen Thätigkeiten des Weibes erstrecken sich bis in die Mitte des 5. Jahrzehends; von da an wird der Menstrualfluss unregelmässiger, sparsamer, weniger roth gefärbt; die Schleimsecretion der Genitalien nimmt meist zu, die Brüste werden schlaff. Bei ältern Frauen enthalten die Eierstöcke nur wenige oder gar keine Graaf'sche Follikel. Im Manne werden die Hoden blutärmer, kleiner, das Scrotum schlaff, und die Samensecretion nimmt bedeutend ab. Letztere versiegt übrigens selbst im höheren Alter in der Regel nicht völlig, nur ist der sparsam gebildete Samen wässrig und arm an Samenfäden.

601. Stimme.

Die Höhe der von kleinen Kindern gebildeten Töne weicht wenig ab von der weiblichen Stimmlage. Um das 6. Jahr erhält das Kind, dessen Kehlkopfmuskeln sich nunmehr stärker entwickeln, bei einiger Uebung leicht einen Stimmfonds von etwa 1 Oktave. Charakteristisch für den kindlichen Kehlkopf ist, dass der Stimmfortsatz des Giesskannenknorpels noch nicht vorhanden ist; derselbe entwickelt sich erst vor der Pubertät.

Während der Pubertätsentwicklung wächst der Kehlkopf des Knaben (der nach Merkel schon etwas grössere Dimensionen besass als im Mädchen) besonders rasch und zwar verhältnissmässig am meisten nach vorn (daher die starke Prominenz des Pomum Adami); die Stimmbänder werden länger und dicker, die Knorpel härter und stärker. Im weiblichen Geschlecht dagegen wächst der Kehlkopf mehr in die Länge als in die Breite und Tiefe. Während dem verändert (»bricht«) sich die Stimme und gewinnt in beiden Geschlechtern an Umfang. Die auffallendsten Veränderungen bietet das männliche Geschlecht; während der Knabe Sopran oder Alt sang, wird die Stimme, in der Regel um 1 Oktave und mehr, tiefer; am Anfang der Uebergangsperiode sind jedoch die Töne noch schwach und klanglos.

Meist zwischen 20. und 25. Jahr beginnt der Kehlkopf an bestimmten Stellen des Ring- und Schildknorpels (vorzugsweise von den Muskelansätzen aus) zu verknöchern, doch sind die Verknöcherungsgrade sehr verschieden. Im höhern Alter schreitet dieser Process weiter, die Elasticität der Stimmbänder nimmt ab, die Absonderung der Kehlkopfschleimhaut wird verändert, die Stimme wird etwas tiefer und verliert an Wohlklang und Stärke.

602. Sinnesthätigkeiten.

Die Sinneswerkzeuge des Neugeborenen, namentlich das Auge und innere Hörorgan, zeichnen sich durch ihre Grösse aus. Unter allen normalen Gefühlen sind die des Hungers und der Sättigung bei weitem die intensesten; das Kind schreit nach Nahrung und beruhigt sich, wenn sein Verlangen erfüllt wird. Ge-

schmacksempfindungen sind unzweifelhaft vorhanden; bringt man Süsses auf die Zunge, so macht das Kind Saugbewegungen, während Bitteres nach Magendie und Kussmaul Verziehen des Gesichts, selbst Würgen und Ekel veranlasst. Nach Letzterem kommen auch starke Riechempfindungen vor, doch scheint der Sinn schnell gegen einwirkende Riechstoffe abgestumpft zu werden. Auch im spätern Kindesalter ist die Nasenhöhle räumlich noch wenig entwickelt und das Geruchsvermögen steht entschieden zurück hinter dem Erwachsenen. Die Wärme des Bades ist dem Säugling meistens angenehm; seine Haut, ist ziemlich empfindlich, namentlich an den Lippen, und Berührung der letzteren löst gewöhnlich Saugbewegungen aus. Die Reaction selbst auf starke Geräusche ist anfangs gering; bald aber treten Reflexbewegungen u. dergl. nach Einwirkung von Schallen häufig auf. Die Pupille reagirt lebhaft und die Empfindlichkeit gegen starkes Licht ist in den ersten Lebenstagen bedeutend. Zu Anfang des 3. Monats werden einzelne Gegenstände wirklich fixirt; die Sehaxen haben aber immer noch vorwaltend die Tendenz zur Parallelstellung. Die Pupille ist, wie auch im spätern Kindesalter, viel grösser als im Erwachsenen; die Augenmedien sind überhaupt in den ersten Lebensjahren am durchsichtigsten.

Mit allmäliger Scheidung der Empfindungen in objective und subjective gewinnen die Sinneswahrnehmungen an Stärke und Genauigkeit. Der Ortssinn der Haut entwickelt sich jedoch erst dann gehörig, wenn willkürliche Tastbewegungen möglich werden. Die Haut soll in allen Lebensperioden ungefähr die gleiche Anzahl von Nervenfasern enthalten; also kämen auf gleiche Hautstrecken viel mehr Fasern im Kind. Nach Czermak ist der Ortssinn der Haut im Knaben stärker entwickelt als im Erwachsenen. Das Unterscheidungsvermögen für Farben ist in Kindern oft gering; dagegen kulminirt bei ihnen die Fähigkeit, bei geringem Licht und auf die verschiedensten Entfernungen zu sehen. In Greisen nimmt überhaupt die Feinheit und Schärfe der Sinne beträchtlich ab; der Glanz der Augen geht meist verloren, die Hornhaut bekommt einen weissen Ring (Arcus senilis), das Auge wird fernsichtig und auch die Gehörempfindungen erfahren, nach Intensität und Qualität, manchfache Beeinträchtigungen.

Das relative Accommodationsvermögen (406 b) ist nach Jäger jun. in jugendlichen Individuen sehr häufig $^1/_4$ oder $^1/_3$, im 3. Decennium $^1/_5$, im 4. Decennium meistens $^1/_8$—$^1/_{10}$, bei Greisen wird es, in Folge von zunehmendem Härterwerden der Linse, sehr bedeutend, oft auf ein Minimum beschränkt.

603. Seelenthätigkeiten im Kinde.

Die psychischen Thätigkeiten, deren Entwicklung kein Physiologe treffender als Burdach geschildert hat, entstehen, nehmen allmälig zu und sinken wieder; jede erreicht ihre Culmination in einer bestimmten Lebenszeit.

Die psychische Anlage des kleinen Kindes kann sich nicht aus sich heraus vervollkommnen und kommt erst zur Entfaltung durch die Anregungen, welche mittelst der Sinne, von Aussen gegeben werden. Empfindungen, zahlreicher und intenser als im Fötus, sind die ersten geistigen Regungen des Neugeborenen;

sie führen zu mehrfachen Ausdrücken des Behagens und Missbehagens, zu Bewegungen der Extremitäten, Schreien u. s. w. Die Empfindungen sind anfangs indifferent, inhaltsarm; allmälig aber lernt das Kind dieselben unterscheiden in objective und in Gemeingefühle. Die Anfänge dieses wichtigen Processes reichen wohl nicht weiter zurück als bis etwa zur 10. Lebenswoche; denn hier erst treten unverkennbare Zeichen auf, dass das Kind einzelnen Gegenständen, namentlich glänzenden und bewegten, seine Aufmerksamkeit schenkt, indem es ihnen mit den Augen nachfolgt. Bald sucht es nach denselben zu greifen und lernt somit allmälig die Richtungen unterscheiden; es beruhigt sich, wenn es Vorbereitungen sieht, um ihm Nahrung zu geben. Im 5. und 6. Monat werden entschieden Personen der gewohnten Umgebung erkannt und es beginnt, während das Antlitz bisher ruhig und ohne Ausdruck war, langsam ein Verständniss für die Geberdensprache der Umgebung; auf freundliche Mienen antwortet das Kind mit Bewegungen des ganzen Körpers und mit Lächeln insbesondere und gibt bald sogar Beweise von Neigung und Abneigung gegen gewisse Personen. Regungen von Missgunst, wenn Andere etwas erhalten, was es haben wollte, treten mit der allmälig stärkern Entwicklung der Muskeln, im 9. und 10. Monat auf.

Sehr bedeutend sind die Fortschritte im 2. Jahr. Die Sinne kommen in viel umfassenderer Weise in den Dienst der Seele; die Aufmerksamkeit auf die Umgebung nimmt in hohem Grade zu und gehen die sinnlichen Eindrücke auch schnell vorüber, so wird andererseits das Kind weniger als der Erwachsene verhindert, dem momentan Einwirkenden vollkommen und ungetheilt sich hinzugeben. Mit der Fähigkeit, sich willkürlich zu bewegen, vervielfältigen sich die Beziehungen zur Aussenwelt und die Steigerung der Muskelkraft führt zu jenem Zerstörungstrieb, der auch noch dem spätern Kindesalter so eigenthümlich ist. Zu Anfang des 2. Jahres werden einige leichte Worte, am Ende desselben schon kurze Sätze gesprochen. Wie die Vorstellungen, so beziehen sich auch die Worte des Kindes anfangs nur auf einfache sinnliche Objekte; doch sehr bald macht sich die Tendenz zur Bildung von Begriffen geltend, zu deren Bezeichnung das Kind häufig ein konkretes Einzelnes benützt, z. B. alle Männer heissen wie der Papa, alle Hunde erhalten den Namen des Haushunds. Nunmehr reihen sich die ersten Urtheilsbildungen an, zunächst nur sinnliche, später höhere intellectuelle Verhältnisse betreffend, so dass es im Verlauf des 3. Jahres zur förmlichen Rede als Ausdruck einer Gedankenreihe kommt. Der Besitz sämmtlicher Verständigungsmittel führt nunmehr auch das Bedürfniss der Geselligkeit herbei. Alle diese Entwickelungen macht das Kleine, bei seiner offenen Sinnlichkeit und seinem unverwüstlichen Trieb zur Nachahmung, unbewusst und ohne Anstrengung durch, und gleichwohl sind die Leistungen — wie schnell werden z. B. zahlreiche Worte dem Gedächtniss einverleibt! — intensiv und extensiv höchst bedeutend.

Das nunmehr folgende Knabenalter ist vorzugsweise die Periode der einfach receptiven Belehrung. Die Aufmerksamkeit richtet sich auf vielerlei Gegenstände, die Auffassung ist schnell und lebendig und das Gedächtniss, welches leicht und

mühelos eine ausserordentliche Menge von Dingen aufbewahrt, gelangt zur Culmination; viele Eindrücke dieser Zeit bleiben unauslöschlich, ja selbst maassgebend für das ganze Leben. Die vorherrschende Gemüthsrichtung des Kindes und Knaben ist Heiterkeit; deprimirende Affekte kommen nur vorübergehend vor und zeigen eine relativ geringe Intensität, wie sie auch nur sehr selten als Krankheitsursache auftreten. Während die ersten Lebensjahre verhältnissmässig nur geringe psychische Unterschiede der Einzelnen bieten, entwickeln und differenziren sich die geistigen Richtungen und Fähigkeiten später deutlicher, einzelne Leidenschaften treten mehr hervor, sowie auch die Physiognomieen allmälig etwas prägnanter und individualisirter werden.

604. Seelenthätigkeiten in der spätern Lebenszeit.

Mit dem Jünglingsalter gestalten sich die Beziehungen zum Leben und zur Schule wesentlich anders. Verstand und Urtheilskraft sind reifer, die geistige Leistungsfähigkeit grösser und umfassender geworden. Man bleibt nicht mehr bei der Thatsache und der blossen Anschauung stehen, sondern forscht nach den realen Ursachen der Erscheinungen und deren Bedeutung für das Leben. Die Vorbereitung zum künftigen Beruf unterstützt in hohem Grade diese veränderte Richtung des, auf bestimmtere Zielpunkte gerichteten, mehr von Regungen des Ehrgefühls getragenen, desshalb weniger als früher eine fremde Leitung ertragenden geistigen Strebens. Die Pubertätsentwicklung weckt zahlreiche neue Gefühle und Begierden; die Unbefangenheit der ersten Jugend hört auf, um gemessenen Beziehungen zu dem andern Geschlecht und zu Erwachsenen überhaupt Platz zu machen. Die Berührungen mit dem Leben, sowie die Verpflichtungen gegen dasselbe, sind aber verhältnissmässig noch wenig mannigfaltig und intensiv; ernstere, die Individualität beschränkende Erfahrungen stellen sich nur selten ein und werden überhaupt leichter ertragen und überwunden; man ist noch nicht im Besitz der vollen Vorstellung der Conflicte, welche die spätern Jahre Jedem nothwendig bereiten, unterschätzt desshalb vielfach die Macht und Berechtigung der gewöhnlichen Verhältnisse und Einrichtungen des Lebens und traut der eigenen Kraft alles zu. Diese Periode ist desshalb mehr als irgend eine andere die Zeit der weitgehenden Entwürfe, der ungehemmten Ideale, der geringsten Beschränkung der Phantasie. Die Leidenschaften, im Dienst heftigerer Strebungen, werden allmälig stärker; die Gesichtszüge verändern sich oft schnell und erhalten meist jetzt schon ihren specifischen Ausdruck für das ganze spätere Leben.

Das Mannesalter ist die Periode der Reife, der Culmination der psychischen Kräfte, in welcher sich die geistigen Individualitäten am deutlichsten ausprägen und von einander unterscheiden. Die zu ihrem erreichbaren Maximum gekommenen Leistungen des Einzelnen sind vielseitig und unter sich in grösserer Harmonie; die frühere Ueberschwenglichkeit der Anschauungen hört auf, die Phantasie unterwirft sich einem strengeren, ruhigeren Gedankengang, das wis-

senschaftliche und künstlerische Talent kommt zur vollsten Entfaltung. Den schwierigeren Aufgaben im öffentlichen Leben und in der Familie entspricht eine veränderte Richtung des Gemüthes, der Mann ist viel ernster und, äusserlich wenigstens, ruhiger als der Jüngling. Die höheren und ungleich nachhaltigeren Strebungen wecken aber mit Nothwendigkeit intensere Leidenschaften. Die Disposition zu psychischen Krankheiten, selbst der Hang zu Verbrechen erreicht (letzterer früher, erstere später) im Mannesalter ihr Maximum.

Zugleich mit dem Körper ermüdet im Greisen allmälig auch der Geist; das Gedächtniss verliert von seiner frühern Stärke, das Sprechen geschieht langsamer, die Beziehungen nach Aussen sind nicht mehr so vielseitig, die Theilnahme für Fremdes wird geringer, der Standpunkt egoistischer. Die Ziele, so weit sie erreichbar waren, sind erreicht und damit weiteren Wünschen und Anstrengungen eine natürliche Grenze gesetzt. Der Geist kommt zur Ruhe, die Phantasie tritt zurück, die produktive Frische hört auf und nur ungern accommodirt man sich neuen Anschauungen und Verhältnissen, welche sogar ungerecht und partheiisch aufgefasst werden. Dagegen hält der Greis um so fester an seinem frühern Erwerb und den hergebrachten, von ihm bewährt gefundenen Anschauungen. Innerhalb dieser gewohnten Sphäre aber sind seine Auffassungen um so objectiver, seine Urtheile um so ruhiger und zutreffender, je mehr sie auf gereifter Erfahrung beruhen und je weniger sie von den Leidenschaften gestört werden, welchen das kräftigere Lebensalter ausgesetzt ist.

Das Gehirn erreicht sein grösstes Gewicht im 4. Decennium und wird von da an wieder etwas leichter. Dagegen nimmt dasselbe im Neugebornen etwa $^1/_8$ bis selbst $^1/_7$, im Erwachsenen nur ungefähr $^1/_{40}$ des Körpergewichtes ein.

B. Das Geschlecht.

605. Beziehungen der constitutionellen Geschlechtsunterschiede zu den Generationsapparaten.

Die generativen Verrichtungen des Weibes sind ungleich mannigfaltiger und in den Organismus eingreifender als im männlichen Geschlecht. Aber auch abgesehen von diesen, ihren specifischen Functionen bieten beide Geschlechter viele und zum Theil beträchtliche Unterschiede der Organisation und der Functionirungen. Diese Abweichungen, von welchen auch die Thierwelt viele auffallenden Beispiele bietet, sind um so ausgeprägter, je mehr die Generationsorgane zur Ausbildung und Entfaltung kommen. Daraus folgt:

1) Die erste Lebenszeit zeigt verhältnissmässig die geringsten, die Periode der Zeugungsthätigkeit aber die grössten functionellen Unterschiede zwischen beiden Geschlechtern.

Das Scelet eines 9jährigen Kindes z. B. ist weder im Becken, noch in anderen Knochen mit völliger Sicherheit hinsichtlich des Geschlechtes zu unterscheiden.

2) Nach der Involution der Geschlechtsorgane bildet sich eine gewisse Annäherung mancher weiblichen Charaktere an die männlichen in Functionirung

und Körperhabitus aus; diese Veränderungen beziehen sich besonders auf die Stimme, Gesichtsbildung, den Blick und die abnehmende Weichheit des weiblichen Gemüthes.

Unter Umständen geht diese, auch in der Thierwelt zu beobachtende, sog. Virilescenz alter Frauen besonders weit; es brechen Haare im Gesicht und an andern Körperstellen aus, die Stimme wird auffallend tief und rauh u. s. w. Wesentliche Bedingung ist immer, abgesehen von dem Erlöschen der Geschlechtsfunctionen, eine gehörige Energie des vegetativen Lebens; in schwächlichen Weibern sind diese Erscheinungen weniger ausgeprägt.

3) Den besten Beweis für die grosse Abhängigkeit des Gesammtorganismus von den generativen Functionen bieten die männlichen Castraten; die Entfernung der Hoden vernichtet nicht bloss das Zeugungsvermögen, sondern stört auch, wenn sie in früheren Jahren erfolgt, die Entwicklung der specifisch männlichen Charaktere des Körpers und Geistes überhaupt. Die Statur ist meist klein, der Körperbau zarter, die Muskulatur weniger entwickelt, die Beckenregion breit, der Brustkorb schmal, die Haut weich und fettreich, der Bart fehlt, der Kehlkopf ist klein, die Stimme hoch, das psychische Verhalten erinnert mehr an das Weib.

4) Unvollkommene Entwicklung der Hoden oder Eierstöcke unterdrückt mehr oder weniger, ausser den specifischen Functionen, eine Reihe konstitutioneller Geschlechtsunterschiede. Die sog. Mannjungfern (Viragines) mit wenig entwickelten Brüsten, vollständigen aber kleineren inneren Genitalien, follikelarmen Eierstöcken, sparsamer oder fehlender Menstruation, haben eine grössere Statur, weniger entwickelte Beckengegend, tiefere Stimme, derbe Haut, selbst behaarte Oberlippe u. s. w. In Solchen, deren Hoden in der Ausbildung zurückgeblieben sind, finden sich gewisse Eigenschaften des männlichen Castraten mehr oder weniger wieder.

606. Wachsthum.

Die durchschnittliche Körperlänge beträgt in Deutschland beim Manne 172, beim Weib 164 Centimeter. Dieser Unterschied zu Gunsten des männlichen Wuchses besteht, wenn auch in verschiedenem Grad, in allen Lebensperioden. Die Wachsthumscurven beider Geschlechter laufen etwa bis zum 12. Jahr einander nahezu parallel; dann erfolgt das Wachsthum der Mädchen verhältnissmässig etwas schneller, erreicht aber früher sein Ende. Das 16—17jährige Mädchen ist verhältnissmässig schon ebenso weit vorgerückt als der 18—19jährige Jüngling (Quetelet). Mehrere andere Functionen gehorchen derselben Norm: der weibliche Organismus entwickelt sich etwas schneller, erleidet dagegen früher einen Rückgang als der männliche.

Das durchschnittliche Körpergewicht des erwachsenen Mannes in mittleren Jahren beträgt ungefähr 64 Kilogramme; die Frau ist um 9 Kilogramme leichter. Das, schon in der späteren Fötalzeit merkliche, Uebergewicht des männlichen Geschlechtes macht sich in allen Lebensjahren geltend (589) mit Ausnahme des zwölften (Quetelet). Indem nämlich gegen die Pubertät hin das Gewicht

schnell zunimmt und dieser Zeitpunkt im weiblichen Geschlecht früher erreicht wird, so holt letzteres das männliche Geschlecht, wenn auch nur vorübergehend, ein. Das Maximum des Körpergewichtes fällt beim Mann ungefähr in das 40., bei der Frau aber in das 50. Jahr.

607. Bewegungsorgane.

Im männlichen Geschlecht erlangt der gesammte Bewegungsapparat eine stärkere Ausbildung, die Muskeln sind massiger, derber und röther, die Bewegungen charakterisirt durch Kraft und Ausdauer, im Weib mehr durch Leichtigkeit. Der dynamometrische Effect (91) des Mannes übertrifft nach Regnier mindestens um $^1/_3$, der eigentliche Nutzeffekt ohne Zweifel noch mehr, die analogen Leistungen des Weibes. Am grössten ist diese Bevorzugung im 3. und 4. Jahrzehnd.

Das männliche Skelet ist grösser, sowie (absolut und relativ) schwerer; es beträgt 10%, das weibliche bloss 8% des Körpergewichtes. Die Knochen sind eckiger, rauher, die Muskelansätze markirter, die Gelenkhöhlen tiefer. Wesentliche Unterschiede der chemischen Zusammensetzung der Knochen gibt es dagegen nicht. Der Brustkorb des Mannes übertrifft, ganz besonders in seinem oberen Theil, den weiblichen in allen Dimensionen; das Brustbein ist länger und breiter, die Schlüsselbeine länger und stärker gebogen, die Schulterblätter dicker und weiter von einander abstehend, die Rippen länger, breiter und entschieden dicker, von den oberen Extremitätenknochen namentlich die der Hand absolut und relativ grösser. Dagegen ist im Weib die Lenden- und Beckenregion bevorzugt; die Lendenwirbel sind höher, das grosse Becken breiter, flacher und niedriger, das kleine ebenfalls niedriger, aber in den anderen Dimensionen weiter. Desshalb stehen die Schenkelknochen des Weibes oben weiter von einander ab und konvergiren in der Richtung gegen das Knie viel stärker. Die unteren Extremitäten sind absolut, sowie relativ zur Körperlänge, kleiner als im Mann, daher ist die Schrittgrösse des letztern ansehnlicher. Nach Fechner verhält sich die weibliche Schrittgrösse zur männlichen wie 1000 zu 1157.

608. Stoffwechsel und Ernährung.

Der Stoffumsatz ist im männlichen Geschlecht sowohl absolut, als auch im Verhältniss zum Körpergewicht stärker; der Unterschied ist wiederum am deutlichsten in den mittleren Lebensjahren. Dem entspricht auch ein grösseres Bedürfniss nach Schlaf; Frauen ertragen die Schmälerung des letzteren leichter als Männer, deren Schlaf fester und länger ist. Die Körpergewichtsabnahme in den ersten Lebenstagen (589) kommt in Knaben viel häufiger vor.

Die Nahrungszufuhren zum männlichen Körper sind grösser, Hunger und Durst stellen sich häufiger ein und ihre Nichtbefriedigung kann weniger leicht ertragen werden. Der Mann liebt nahrhafte, mehr animalische Kost, die Frau mehr vegetabilische Speisen. Beispiele von excessiver Esslust sind viel häufiger

im männlichen Geschlecht. Es fehlt noch durchaus an vergleichbaren Angaben über die durchschnittlichen Zufuhren von Nahrungsmitteln in beiden Geschlechtern.

Der weibliche Körper ist nach vollendetem Wachsthum fettreicher als der männliche, am bevorzugtesten sind die Gegenden des Gesässes und der Brust. Die Fettansammlung unter der Haut bedingt die grössere Abrundung der weiblichen Formen. Die Epidermoidalgebilde des Weibes sind weicher und zarter; die Haare erlangen an allen Körperstellen eine geringere Entwicklung, mit Ausnahme der durch Länge und Feinheit ausgezeichneten Kopfhaare; Kahlköpfigkeit ist im Weib eine seltene Erscheinung.

609. Blut und dessen Umlauf.

Das Blut des Mannes zeigt ein etwas höheres specifisches Gewicht, einen stärkeren Geruch namentlich nach Schwefelsäurezusatz; es gerinnt langsamer und bildet eine derbere Placenta, es ist reicher an festen Bestandtheilen, namentlich an Blutkörperchen (also auch an Eisen), nur die Salze und das Eiweiss sollen eine Ausnahme machen. Das Serum der Frau ist fast 1% wasserreicher. Die mit einander vergleichbaren neueren chemischen Blutanalysen — die Forscher, Lecanu, Becquerel und Rodier, Nasse u. s. w. gelangten theilweis zu widersprechenden Ergebnissen — führen etwa zu folgenden Durchschnittswerthen in runden Zahlen:

	Mann	Weib
Eiweiss	54	57
Fibrin	3	2
Blutkörperchen	152	125
Salze	7	8
Wasser	784	808

Der Puls der Frau ist etwas frequenter, ein Unterschied, der sich auch dann noch bewährt, wenn man männliche und weibliche Individuen derselben Körpergrösse einander gegenüberstellt. Ausserdem ist der weibliche Puls kleiner und hinsichtlich der Dauern der auf einander folgenden Schläge veränderlicher als im Mann.

Guy kam zu folgenden Mittelwerthen:

Alter in Jahren.	Pulsfrequenz. Männlich	Pulsfrequenz. Weiblich	Alter in Jahren.	Pulsfrequenz. Männlich	Pulsfrequenz. Weiblich
2—7	97	98	42—49	70	77
8—14	84	94	49—56	67	76
14—21	76	82	56—63	68	77
21—28	73	80	63—70	70	78
28—35	70	78	70—77	67	81
35—42	68	78	77—84	71	82

Die Blutmasse des Mannes ist nach Valentin relativ grösser; das Herz und die Gefässe sind weiter und dickwandiger, (der arterielle Blutdruck ohne Zweifel etwas höher), die Capacität des Venensystems relativ noch mehr vorwiegend. Im Weib sind namentlich die Gefässe der Generationsapparate bevorzugt.

Hering fand eine Kreislaufsdauer (für die Jugularisbahn) in Stuten von 25,4, in Hengsten von 27,3 Sekunden.

610. Verdauung und Harnbildung.

Der ganze Dauungsapparat, sammt den Anhangsorganen, Leber, Pankreas u. s. w. ist im Weib kleiner. Die Mundhöhle ist weniger geräumig, die Kaumuskulatur schwächer ausgebildet; die Zähne, namentlich die Eckzähne, sind kleiner, und es kommt eher vor, dass einzelne Milchzähne das ganze Leben hindurch verharren, ohne durch Ersatzzähne verdrängt zu werden. Auch fehlen die Weisheitszähne dem Weib öfter als dem Mann. Der Magen ist ziemlich kleiner und dünnwandiger, der Dünndarm weiter, aber relativ kürzer.

Das Chylussystem soll angeblich im Weibe mehr bevorzugt sein und die Resorption rascher erfolgen. Gegen letztere, an sich schon unwahrscheinliche, Angabe können wohl Kaupp's Versuche angeführt werden über den Eintritt des Todes von mit gleichen Dosen Strychnin vergifteten Kaninchen. Die mittlere Todeszeit war in den männlichen Thieren 15, in den weiblichen 25 Minuten.

Nieren und Harnblase der Frau sind kleiner und gleichwohl das Bedürfniss Harn zu lassen seltener als im Mann. Der Urin der Frau steht nach Gesammtmenge, Summe der festen Bestandtheile überhaupt, Harnstoff und unorganischen Verbindungen hinter dem Mann zurück und zwar sowohl absolut, als auch im Verhältniss zum Körpergewicht. Nur die Harnsäure soll keine Verschiedenheiten bieten. Die Versuche von Lecanu, Bischoff und Beigel ergaben für den Mann 33,7, die Frau 24,0 Gramme, also auf 1 Kilogramm Körpergewicht 0,40 und 0,35 Gramm Harnstoff in 24 Stunden.

Die Unterschiede der Harnsecretion hängen grossentheils, aber doch nicht ausschliesslich, von der Lebensweise u. s. w. beider Geschlechter ab. Die Angaben der Forscher (ausser den Genannten: Denis, Lehmann, Scherer, Mosler u. s. w.) sind aber vorerst noch zu wenig zahlreich und viel zu wenig unter sich vergleichbar, als dass die Aufstellung von Mittelwerthen der Einzelbestandtheile des Urins beider Geschlechter rathsam wäre.

611. Athmen.

Der gesammte Respirationsapparat ist im Manne stärker entwickelt als in der Frau. Die Nase und besonders die Nasenlöcher sind (auch relativ) grösser, die Nasenhöhlen und deren Annexa viel geräumiger, der Kehlkopf (der im Weib nicht oder nur an beschränkten Stellen verknöchert) bedeutend entwickelter und hervorspringender. Die Stimmhöhen beider Geschlechter s. 522. Die Vitalcapacität des mittleren Mannes beträgt 3200 bis 3600 C. C. M., die des Weibes fast $1/3$ weniger (etwa 2500 C. C. M.). Die Athemzüge des Mannes sind etwas seltener, aber viel tiefer, das geathmete Luftvolum also bedeutender. Im Mann waltet das Bauchathmen vor, d. h. bei der Inspiration erweitert sich vorzüglich die untere Thoraxapertur und der Bauch schwillt an. Im Weibe, dessen Rippen elastischer sind, herrscht das Brustathmen vor; während des Einathmens erweitern sich die oberen Parthieen des Thorax und der Bauch sinkt gleichzeitig ein.

Dulong und Despretz fanden in männlichen Thieren bedeutendere

Kohlenräurewerthe. Nach Andral und Gavarret bildet das männliche Geschlecht in allen Lebensperioden zwischen dem 8. Jahr und dem hohen Greisenalter mehr Kohlensäure (durchschnittlich etwa $^1/_3$) als das weibliche. Dieser Unterschied ist besonders stark zur Zeit der Geschlechtsreife, in welcher der Mann fast die doppelte Kohlensäuremenge bildet; während dieser ganzen Periode soll überdiess die Kohlensäurebildung der Frau annähernd gleich bleiben und erst gegen Ende des 5. Decenniums wieder etwas wachsen, um schliesslich, der allgemeinen Norm gemäss, im höhern Alter allmälig zu sinken. Die Perspiration ist viel stärker im Manne, auch ist derselbe entschieden mehr zum Schwitzen geneigt. Erhebliche Temperaturunterschiede der Geschlechter bestehen nicht; vielleicht ist das Weib ein Minimum höher temperirt (v. Bärensprung).

Scharling erhielt folgende Kohlensäurewerthe:

	Alter	Körpergewicht in Kilogr.	Kohlensäure ausgeathmet in 1 Stunde in Grammen.	
			absoluter Werth	auf ein Kilogramm Körpergewicht
Mann	35 J.	65	35,5	0,51
Mann	28	82	36,6	0,45
Jüngling	16	57,7	34,3	0,59
Jungfrau	17	55,7	25,3	0,45
Knabe	9,7	22	20,3	0,92
Mädchen	10	23	19,1	0,88

612. Nervensystem.

Das männliche, im Allgemeinen etwas windungsreichere Gehirn ist in allen Lebensperioden schwerer als das weibliche; nach Huschke betragen die beiderseitigen Durchschnittswerthe 1424 und 1272 Gramme. Im Mann prävaliren häufig die vorderen und oberen Grosshirnlappen, im Weib die Hinterhauptslappen. Der Hirnschädel des Mannes ist in allen Durchmessern etwas grösser und weniger abgerundet, der Gesichtsschädel sowohl absolut als im Verhältniss zum Hirntheil bedeutend grösser als in der Frau.

Das Nervensystem des weiblichen Geschlechtes ist im Allgemeinen reizbarer, wie auch zahlreiche pathologische Erfahrungen darthun. Intense Sinnesreize, namentlich starke Schalle und durchdringende Gerüche, werden heftiger empfunden; Reflexbewegungen sind häufiger. Gleichwohl erduldet die Frau Schmerzen nicht selten besser und standhafter als der Mann; manche Leistungen der Sinnesorgane sind in ihr bevorzugt, so namentlich das Getast und die Farbenwahrnehmungen.

Das männliche Geschlecht zeigt nicht bloss im Ganzen, sondern auch durchschnittlich in seinen einzelnen Gliedern eine intensiv und extensiv grössere geistige Leistungsfähigkeit und eine stärkere Ausprägung und mannigfaltigere Charakteristik der Einzelindividuen. Selbst die Gesichtszüge sind im Manne individualisirter, als die feineren und milderen weiblichen Physiognomieen.

Die Frau lebt mehr der unmittelbaren Gegenwart, der äussern Anschauung, der concreten Empfindung, den nächsten Beziehungen der Dinge. Diese vor-

zugsweis receptive Richtung begünstigt die bemerkenswerthe Entfaltung ihres Gemüthslebens; sie ist theilnehmender für den Nebenmenschen als der Mann, ihre Kinderliebe ist inniger, ihre Religiosität und Sittlichkeit grösser; aber auch das Urtheil schnellfertiger und oberflächlicher, das Handeln minder nachdrücklich. Der Mann dagegen wendet sich mehr den objectiven reellen Ursachen der Erscheinungen, sowie den abstrakteren Verhältnissen zu; das Gemüth tritt mehr zurück, der schaffende und Neues producirende Verstand gewinnt die Oberhand. Nahezu alle wichtigen Erfindungen und Entdeckungen in Kunst, Wissenschaft und Leben rühren vom Manne her. Die Affecte und Leidenschaften sind im männlichen Geschlecht heftiger und ausgeprägter; der Mann ist muthiger, beharrlicher und desshalb rücksichtsloser und roher in seinen Handlungen. Der Hang zu Verbrechen ist im männlichen Geschlecht nach übereinstimmenden statistischen Erfahrungen entschieden viel grösser, in Frankreich z. B. um das Vierfache, auch prävaliren in demselben die Verbrechen an Personen, welche durchschnittlich die schwereren sind, verhältnissmässig noch mehr. Bloss etwa $1/4$ der Selbstmorde fällt auf das weibliche Geschlecht. Diese Thatsachen sprechen um so deutlicher zu Gunsten des letzteren, als keine durchgreifenden Sexualdifferenzen in der allgemeinen Anlage zu Geisteskrankheiten bestehen, sodass folgerichtig weder die Selbstmorde noch die Verbrechen — wenigstens in ihrer grossen Majorität — auf wirkliche Geistesstörungen zurückgeführt werden dürfen.

Diese Charaktere beider Geschlechter hängen nicht bloss von äusseren Ursachen, dem Culturzustand u. s. w., sondern auch von ursprünglichen Verschiedenheiten der Anlage ab.

Die psychischen Unterschiede sind am stärksten vom 3. bis 5. Jahrzehnd des Lebens; aber schon im Kinde lassen sich ihre Keime erkennen. Der Knabe ist muthiger, heftiger, lebhafter, das Mädchen sanfter, receptiver, ungleich gelehriger und verständiger, namentlich in den gewöhnlichen Angelegenheiten des Lebens. Auch hier gilt die allgemeine Norm, dass das Mädchen sich schneller entwickelt als der Knabe, wogegen das weibliche Geschlecht zeitiger und auf einer frühern Stufe zum Stillstand kommt.

C. Körperconstitutionen.

613. Allgemeine Eigenschaften.

Man unterscheidet als die beiden Gegensätze in der Entwickelung der „Körperkraft“, die starke, kräftige Constitution gegenüber der schwächlichen, und zwischen diesen die Mittelzustände, welche der Mehrzahl der Individuen eigen, allmälig in jene Extreme übergehen. Bei dieser Classification sind maasgebend: 1) die quantitativ bestimmbare Leistungsfähigkeit der Muskeln und 2) ein Complex von, jedoch nur zum Theil messbaren Eigenschaften, die sich im Allgemeinen charakterisiren durch den Grad der Widerstandsfähigkeit der Individuen gegen äussere und innere, d. h. im Körper selbst liegende Einflüsse. Je kräftiger nämlich ein Organismus, desto weniger ist er abhängig von Aussen, in desto geringerem

Grade werden seine Functionen verändert, wenn er unter andere Verhältnisse kommt und desto weiter wird die Sphäre, innerhalb welcher er normal oder überhaupt noch functioniren kann.

Die Eigenschaften der Constitution sind übrigens keineswegs unveränderlich, dem Individuum unbedingt anhaftend; schwächliche Kinder können später kräftige Knaben und umgekehrt starke Kinder schwächliche Männer werden. Die Constitution — es ist hier nur von innerhalb des gesunden Lebens sich bewegenden Verhältnissen die Rede — verbessert sich übrigens während des Wachsthums häufiger, als dass sie sich verschlechtert. Der nach Entwickelung der Pubertät erreichte Zustand ist meist maassgebend für eine längere Lebensperiode. Die Einflüsse der Constitution reichen so weit und tief, dass sie eine Menge, zum Theil selbst sehr wirksamer, anderweitiger Momente zurückdrängen können; das durchschnittlich schwächere Weib z. B. übertrifft in seinen kräftigen Individuen den mittleren Mann; der robuste Greis den Vierziger der Durchschnittsconstitution u. s. w.

Die betreffenden Bezeichnungen sagen sonach über die Qualitäten eines Individuums in aller Kürze sehr viel aus, daher die zu allen Zeiten anerkannte pathologische und therapeutische Bedeutung der physiologischen Körperconstitutionen und die Nothwendigkeit, auch für den Physiologen, auf die bezüglichen Verhältnisse seiner Versuchsindividuen zu achten.

614. Muskelthätigkeiten.

Die Muskeln des schwächlich Constituirten bieten, auch in ihrem Normalzustand, mehr oder weniger die Charaktere des mässig ermüdeten Muskels. Die Muskulatur des Schwachen ist überhaupt reizempfänglicher und namentlich psychischen Einflüssen viel mehr zugänglich; sie geräth leicht in Zittern, Erschlaffung u. dgl. Schläge der Inductionsmaschine, welche den normalen Muskel nur wenig anregen, rufen starke und ausgebreitete Wirkungen hervor; Reflexbewegungen sind in Schwächlichen sehr häufig.

Sinnesreize afficiren den schwachen Menschen viel mehr als den starken: auch sind die Gemeingefühle in Ersterem ungleich intenser (sog. nervöse Constitution der Pathologen).

Der mechanische Nutzeffekt des Schwächlichen ist gering, seine Muskeln ermüden leicht und das Ermüdungsgefühl hört später auf; daher kann es nicht auffallen, dass Schwächliche häufig eine geringere Willensenergie zeigen als Menschen von starker Constitution. Die Muskeln des Schwächlichen sind blass, schlaff, wenig voluminös, mit schmäleren Primitivfasern versehen; ihr Stoffwechsel und ihre elektromotorischen Kräfte sind geringer. Die Knochen sind leichter und zeigen weniger entwickelte Muskelansätze. Daher sind im Allgemeinen auch die kräftigeren Menschen die schwereren, obschon es bekanntlich nicht wenige Ausnahmen gibt.

615. Anderweitige Funktionen.

Kräftige Menschen haben durchschnittlich einen absolut intensiveren Stoffwechsel und einen tieferen, ruhigeren, erquickenderen Schlaf als Schwächliche. Der Appetit ist stark und auf nahrhafte, derbe Kost gerichtet, die Verdauung kräftig und rasch, der umfängliche Magen hat eine stark entwickelte Muskulatur. Abweichungen der proportionalen Blutmenge sind nicht bekannt, übrigens auch nicht wahrscheinlich. Das Blut hat ein hohes specifisches Gewicht, ist reich an festen Bestandtheilen namentlich Körperchen, seine Farbe ist gesättigter und dunkler, der specifische Blutgeruch stärker, die Gerinnung erfolgt durchschnittlich langsamer. Die Arterienlumina sind gross, der Puls selten, aber gross und durch Verdauung, Bewegung u. s. w. weniger veränderlich als im Schwächlichen. Der arterielle Blutdruck ist höher, Colin fand ihn in kräftigen Pferden fast doppelt so gross als in schwachen.

Der Kräftige athmet tiefer, oft auch etwas seltener; die Vitalcapacität seiner Respirationsorgane ist viel beträchtlicher als im Schwächlichen; auch bildet er grössere Mengen von Respirationsprodukten; seine Wärmeentwickelung ist grösser; er friert weniger leicht. Die Perspiration, namentlich auch die Neigung zur Schweissbildung, ist stärker, die Cutis derber und der Haarwuchs, besonders im männlichen Geschlecht, entschieden stärker. Der Urin ist reicher an festen Bestandtheilen und kann in der minder reizbaren Blase längere Zeit zurückgehalten werden. Das Zeugungsvermögen ist grösser und Geburt, Lactation u. s. w. greifen einen robusten Körper verhältnissmässig nur wenig an; auch wird in letzterem die Milch kopiöser und reicher an festen Bestandtheilen secernirt. Ein Antagonismus zwischen der Entwickelung der Körperkraft und der intellectuellen Vermögen besteht an sich entschieden nicht. Die von den Vertheidigern der gegentheiligen Ansicht vorgebrachten Thatsachen, z. B. dass der Körper von geistig frühzeitig entwickelten Kindern oft schwächlich sei, dass die Gelehrten mehr schwächliche als robuste Repräsentanten bieten, diese und andere, zum Theil vieldeutige und von den verschiedensten Ursachen abhängige, Erscheinungen beweisen jedenfalls nichts für einen direkten Gegensatz der psychischen und körperlichen Entwickelung.

D. Wuchs und Körpergewicht.

616. Schwankungen beider Werthe.

In proportionirt gebauten erwachsenen Individuen verhalten sich die Extreme des Körpergewichts etwa wie 1 zu $2\frac{1}{2}$ bis höchstens 3, diejenigen der Körperlänge aber bloss wie 1 zu $1\frac{1}{3}$ oder höchstens $1\frac{2}{5}$.

100 erwachsene, sonst proportionirt gebaute Männer (Englands) bieten folgende Körperlängen nach Hutchinson:

bis 5 Fuss engl.	0,7 Procent		5. F. 6 Z. bis 5. F. 7 Z.	15,0 Procent
5. F. 0 Z. bis 5. F. 1 Z.	0,5		5. 7 „ 5. 8	21,5
5. 1 „ 5. 2	1,5		5. 8 „ 5. 9	17,0
5. 2 „ 5. 3	1,5		5. 9 „ 5. 10	10,5
5. 3 „ 5. 4	3,0		5. 10 „ 5. 11	6,0
5. 4 „ 5. 5	4,5		5. 11 „ 6. 0	5,5
5. 5 „ 5. 6	8,0		über 6 Fusse	gegen 5.

Mit zunehmender Länge steigt auch das Gewicht des Körpers, eine Norm, die sich nicht bloss auf das individuelle Wachsthum bezieht, sondern auch auf Erwachsene verschiedenen Wuchses. Hutchinson und Brent geben für die männliche Bevölkerung Englands folgende Tabelle. Die Gewichtsangaben schliessen die Kleider in sich, die (beim Manne) etwa $^1/_{18}$ des Gesammtgewichts betragen.

Körpergrösse in engl. Zollen	Körperschwere in Pfunden
61	120
62	126
63	133
64	138,6
65	142
66	144,6
67	148,4
68	155
69	162
70	168,6
71	174

Demnach steigt bei einer Zunahme der Körperlänge um 1 Zoll das Gewicht annähernd um $6^1/_2$ Pfunde, mit (ob zufälliger?) Ausnahme der Längen zwischen 5′ 4″ bis 5′ 7″, wo die Zunahme bloss etwa $3^1/_3$ Pfunde beträgt.

Die Beziehungen zwischen Wuchs und Körpergewicht der Erwachsenen sind noch nicht exact festgestellt. Die Gewichte symmetrischer Körper verhalten sich wie die Cuben eines ihrer Durchmesser, also müsste z. B. wenn 67 Zoll hohe Menschen durchschnittlich 148,44 Pfunde wiegen, das mittlere Körpergewicht der 69 Zoll grossen $\frac{69^3 \times 148{,}44}{67^3} = 162$ Pfunde betragen (s. obige Tabelle). Diese strenge Proportionalität besteht aber nicht durchgängig und die gedrungeneren Personen sind bekanntlich die verhältnissmässig dickeren. Nach Hutchinson verhalten sich die Gewichte nicht wie die dritten, sondern bloss wie die 2,7 Potenzen, nach Quetelet sogar nur wie die zweiten Potenzen der Körperlängen.

617. Pulsfrequenz.

Die Pulsfrequenz nimmt bedeutend ab mit zunehmender Körpergrösse (Bryan Robinson, Rameaux, Volkmann). Mit anderen Worten, die Dauern der Pulse wachsen mit der zunehmenden Körperlänge und zwar für 1 Decimeter um etwa 3 Hunderttheile einer Secunde, d. h. etwa um $^1/_{20}$ einer mittleren Pulsdauer. Volkmann gibt folgende Tabelle, die nur wenige (zu-

fällige) Ausnahmen von der allgemeinen Regel bietet; die 7—8 niedersten Rubriken enthalten selbstverständlich nur Unausgewachsene.

Körperlänge in Centimetern.	Pulsfrequenz in 1 Minute.	Dauer eines Pulses in Secunden.
50—60	139,8	0,43
60—70	126,6	0,47
70—80	116,5	0,52
80—90	110,9	0,54
90—100	106,6	0,56
100—110	101,5	0,59
110—120	93,6	0,64
120—130	92,2	0,65
130—140	87,7	0,68
140—150	85,1	0,71
150—160	77,8	0,77
160—170	73,2	0,81
170—180	71,9	0,83
180—190	72,5	0,83
190—200	73,4	0,82
über 200	71,2	0,84

618. Blutgeschwindigkeit.

Die Kreislaufszeiten nehmen in Thieren derselben Art bedeutend zu mit Zunahme des Körpergewichts und der Körperlänge (Vierordt).

Körpergewicht (von Hunden) in Kilogr.	Körperlänge in C. M.	Dauer eines Blutumlaufes in Secunden.	Pulsfrequenz.	Pulse auf einen Kreislauf in der Jugularisbahn.
a) 1,8	42	10,44	140	24,3
b) 6,8	55	14,28	85	20,2
c) 8,8	60	15,66	105	27,4
d) 22,5	73	19,37	114	36,6

Die auf einen Blutumlauf fallenden Pulse nehmen zu mit zunehmendem Körpergewicht (bloss Rubrik b macht eine Ausnahme), d. h. das Verhältniss der mittelst einer Ventrikelsystole ausgetriebenen Blutmasse zur Gesammtblutmenge des Körpers nimmt ab mit zunehmender Länge und Schwere des Körpers.

Ferner ist in Thieren kleiner Statur die arterielle Stromgeschwindigkeit beträchtlich höher als in grösseren Thieren derselben Art, sowie durch erstere eine viel bedeutendere Blutmasse circulirt als durch gleiche Gewichtstheile grosser Thiere (Vierordt). Die nachfolgenden Vergleichsversuche a und a′ beziehen sich auf die Carotis, b und b′ auf die A. cruralis von Hunden.

Körpergewicht in Kilogr.	Körperlänge in C. M.	Pulsfrequenz.	Secundengeschwindigkeit des Blutes in Millim.	Durchflussmenge während 1 Secunde in Grammen.	
				absolute	für 1 Kilogr. Körpergewicht.
a 17,6	86	91	241	3,51	0,20
a′ 8,0	66	100	274	2,47	0,31
b 10,2	63	119	137	1,07	0,10
b′ 6,9	61	93	164	1,30	0,18

Aus diesen Versuchen folgt: kleine erwachsene Thiere sind im Verhältniss zu ihrem Körpergewicht blutreicher als grössere von derselben Art.

619. Athmen.

Zwischen der Körperlänge einerseits und der Entwickelung des Brustkorbes und der Athmungswerkzeuge andererseits besteht eine durchschnittliche Propor-

tionalität. Grosse Menschen haben geräumigere Lungen, einen grösseren Kehlkopf, breitere und längere Stimmbänder und eine tiefere und stärkere Stimme. Die Körperlänge ist von beträchtlichem Einfluss auf den Luftgehalt der Athmungswerkzeuge. Die Vitalcapazität steigt nach Hutchinson im Erwachsenen für je 1 Centimeter Körperlänge um etwa 60 Cub. Cent. Met. (bei Frauen weniger, etwa um 40).

Folgende Tabelle giebt Durchschnittswerthe der Messungen einiger Spirometriker.

Körperlänge in C. M.	Vitalcapacität in C. C. M.
154,5—157	2635
157—159,5	2841
159,5—162	2982
162—164,5	3167
164,5—167	3287
167—169,5	3484
169,5—172	3560
172—174,5	3634
174,5—177	3884
177—179,5	3842
179,5—182	4034
182	4454

Menschen kleiner Statur athmen häufiger, aber weniger tief als grosse. Die absolute Intensität des respiratorischen Gaswechsels ist in ersteren geringer, die relativen (auf die Körpergewichtseinheit bezogenen) Mengen der Respirationsprodukte aber grösser als in hochgewachsenen und schweren Personen. Ausser den 611 erwähnten Versuchen Scharling's sind hiefür auch die nachfolgenden von Andral und Gavarret (an männlichen Individuen gemachten) anzuführen.

Alter in Jahren.	In einer Stunde ausgeathmeter Kohlenstoff in Grammen.		
	Mittelmässige	Gute.	sehr starke Entwickelung.
11 u. 12	7,4	7,6	8,3
24—28	11,2	12,1	14,1
31—40	10,7	11,4	12,1
41—50	9,5	10,6	—
51—60	10,0	—	12,1
63—68	9,1	—	12,4
76	6,0	—	—
92	—	—	8,8

620. Anderweitige Funktionen.

Die Erfahrungen über die Intensität einiger fundamentalen Erscheinungen des Blutkreislaufes und der Respiration erlauben wohl den verallgemeinernden Ausspruch: die absolute Intensität des Stoffwechsels ist in hochgewachsenen und schweren Individuen grösser als in kleinen und leichten, während die relative Grösse des Stoffwechsels sich umgekehrt verhält. Systematische Zusammenstellungen über die Zufuhren überhaupt, die Harnbildung u. s. w. fehlen allerdings noch; doch lehrt die gewöhnliche Erfahrung, dass durchschnittlich mittelgrosse Individuen einen verhältnissmässig bessern Appetit haben als grosse und schwere.

Die Resorption ist in letzteren langsamer; nach Kaupp's Versuchen an Kaninchen treten nach Einverleibung von Strychnin sowohl die ersten Symptome, als der Tod in leichteren Thieren viel früher ein als in schwereren, mit gleichen Dosen Gift behandelten. Erstere starben durchschnittlich nach 14, letztere erst nach 23 Minuten.

Schwere Individuen bieten keine grössere allgemeine Disposition zur Erkrankung als leichtere desselben Alters; im Gegentheil dürfte die durch Abnahme der Körpermasse bedingte, relativ stärkere Erregung der Funktionen zum Nachtheil der kleineren Staturen ausfallen. Gewichtsarme Säuglinge, namentlich Zwillinge, die häufig auffallend klein sind, haben eine viel grössere als die durchschnittliche Mortalität.

Die Muskelkraft steigt 1) in Gleichgrossen derselben Altersklasse mit zunehmender Dicke (also wachsenden Muskelquerschnitten); 2) mit zunehmender Körpergrösse (weil auch die Dicke steigt), wahrscheinlich jedoch nur bis zu einer gewissen Grenze, wo sie wieder abnehmen dürfte. Nach Hutchinson steigt übrigens der manometrisch bestimmbare maximale Exspirationsdruck mit zunehmender Körperlänge, wenn auch nicht stetig und regelmässig, doch so, dass auch bei hohen Staturen keine obere Grenze der Werthe eintritt.

E. Fettgehalt des Körpers.

621. Vorkommen des Fettes.

Das mechanisch, d. h. in ovalen oder polyedrischen Zellen im Bindegewebe abgelagerte Fett kommt besonders vor unter den allgemeinen Bedeckungen, zwischen den Muskeln und deren Bündeln, im Netz und um die Nieren; in den Augenhöhlen und am Herzen schwindet es selbst bei grosser Abmagerung des Körpers nicht vollständig. Angaben über die Mengenverhältnisse des mechanisch abgelagerten Fettes bei Mageren einerseits und Fettleibigen andererseits fehlen.

Unter allen Bestandtheilen des Körpers sind die Fette bei Weitem die wechselndsten; es gibt nicht bloss magere und fettreiche Individuen, sondern auch in demselben normalen Organismus erfährt kein Bestandtheil schnellere und grössere Mengenveränderungen als gerade das Fett. In Krankheiten, namentlich im acuten Fieber schwereren Grades, kann dasselbe besonders rasch schwinden. Eine Menge von Ursachen wirken auf den Fettgehalt des Körpers. Den Einfluss der Lebensalter und Geschlechter s. oben. Die Geschlechtsthätigkeit mindert den Fettgehalt; Castraten sind fettreich; nach dem Aufhören der Menstruation gegen Ende des 5. Jahrzehends werden die Frauen häufig beleibter. Körperliche und gemüthliche Ruhe befördert entschieden die Fettbildung, bei der ausserdem unbekannte individuelle, zum Theil auch häreditäre Einflüsse maassgebend sind.

622. Fettpolster der Haut.

Unter den allgemeinen Bedeckungen bildet das Fett eine nur an wenigen Stellen unterbrochene Schicht (Panniculus adiposus). Diese fehlt am Ohr, Scrotum

und Penis, während sie verhältnissmässig entwickelt ist an Hohlhand, Fingerspitzen, Fusssohle, Gesäss, weiblicher Brust und im Gesicht. Von der Entwickelung des Panniculus adiposus hängt die Abrundung der Körpertheile vorzugsweise ab; desshalb sind auch die Gesichtszüge bei Mageren, in welchen die Muskelwirkungen deutlicher hervortreten können, prägnanter als bei Beleibten. Fette Menschen haben eine glatte und glänzendere, magere dagegen eine rauhere und häufig auch dunklere Haut; der Haarwuchs ist bei Mageren bevorzugt, sie sind durchschnittlich bärtiger und auch weniger zur Kahlköpfigkeit geneigt. Das Fettpolster der Haut mindert die Gewalt und Heftigkeit der Stösse und ist desshalb besonders wichtig an den Stellen, die, wie Hand, Fusssohle und Gesäss, dem Drucke vorzugsweis ausgesetzt sind. Das Wärmeleitungsvermögen des Fettes ist gering; desshalb trägt das Fettpolster dazu bei, den Wärmeverlust des Körpers auf dem Wege der Wärmestrahlung der Haut zu vermindern; der grössere Fettreichthum der Thiere während des Winters ist für die Wärmeökonomie des Organismus von Bedeutung.

623. Sonstige Funktionen.

Fettärmere, im Uebrigen aber kräftige Menschen haben durchschnittlich einen stärkeren Appetit, überhaupt einen, absolut und relativ zum Körpergewicht intenseren Stoffwechsel als fettreiche kräftige Individuen. Es fehlt an genaueren Bestimmungen der Stoffwechselgrössen beider so verschiedenartigen Körperconstitutionen. Fette Menschen sind durch ihren minder lebhaften Stoffwechsel befähigt, den Hunger besser zu ertragen, und diess um so mehr, als beim Nahrungsmangel der Umsatz gerade der Körperfette eine besondere Rolle spielt. Beim Hungern sinkt die Körperwärme in mageren Thieren rascher als in fetten (Colin). Fettleibige sollen relativ weniger Blut als Magere besitzen; in letzteren scheint die Pulsfrequenz etwas höher zu sein. Zur Intensität der Respiration steht der Fettreichthum des Körpers in einem nicht zu läugnenden Gegensatz; die Wasserthiere sind durchschnittlich fettreicher als die lebhafter athmenden Luftthiere; magere Thiere verzehren nach Regnault mehr Sauerstoff als fette; auch mindert stärkere Fettleibigkeit die Vitalcapacität des Respirationsapparates. Magere kommen beim schnellen Gehen, bei Muskelanstrengungen u. s. w. weniger leicht ausser Athem als fette Menschen. Fette Thiere secerniren, nach den an Gallenfisteln gewonnenen Erfahrungen, weniger Galle (Bidder und Schmidt). Magere Menschen bilden mehr Urin, auch haben sie im Allgemeinen ein grösseres Bedürfniss zum Trinken. Die Muskeln magerer kräftiger Individuen sind derber als bei Beleibteren; höhere Grade von Fettleibigkeit beeinträchtigen entschieden die Muskelkraft. Das Schlafbedürfniss ist in Mageren geringer. Der Antagonismus zwischen Genitalfunktionen und Fettgehalt des Körpers zeigt sich auch darin, dass fette Frauen minder fruchtbar und mit sparsamerem Menstrualfluss begabt sind. (Ueber Milchsecretion s. 584.)

F. Temperamente.

624. Eintheilung.

I. Phlegmatisches Temperament. Die Disposition zu gemüthlichen Erregungen ist nicht gross, die betreffenden Reaktionen erfolgen gemessener, langsamer und unmerklicher, die Affekte halten sich innerhalb engerer Schranken. Die Strebungen sind weniger heftig, zum Theil selbst minder beharrlich. Die eigenen körperlichen Leiden werden mässig empfunden und geduldig ertragen. Der Phlegmatiker ist weder vorherrschend zur Lust oder Unlust, noch überhaupt zu starken und heftigen Förderungen oder Beeinträchtigungen seines Selbstgefühls disponirt; tiefe und erschütternde Genüsse kennt er nicht, ja er bietet, indem er sich selbst und der Aussenwelt gegenüber ruhiger und objektiver auftritt, sogar den Anschein einer geringeren geistigen Lebhaftigkeit überhaupt. Das phlegmatische Temperament kann desshalb auch als das ungemüthliche, ruhige oder objektive bezeichnet werden.

II. Das melancholische Temperament hat die Grundeigenthümlichkeit, dass es beständig von Gefühlen erregt wird, und dass viele Empfindungen, Wahrnehmungen und Vorstellungen in ihm zu Ausgangspunkten nachhaltiger gemüthlicher Stimmungen werden. Desshalb nennt Lotze dieses Temperament passend das sentimentale; man könnte es auch als das vorzugsweis subjektive bezeichnen. Die Zustände gemüthlicher Depression können übrigens besser, anhaltender und äusserlich ruhiger von uns behauptet werden, als diejenigen entgegengesetzter Art; desshalb ist das, eben durch die Nachhaltigkeit seiner Stimmungen ausgezeichnete Temperament immerhin mehr zur Unlust als zur Lust disponirt. Diese vorwaltend gemüthliche Antheilnahme, welche den Melancholiker in direkten Gegensatz zum Phlegmatiker bringt, hemmt übrigens seine Strebungen, wenn nicht an Beharrlichkeit, aber doch an Kraft, und macht ihn zu einem verschlossenen, äusserlich ruhigen Menschen und zwar um so mehr, je stärker die Stimmungen beeinträchtigten Selbstgefühls vorwalten; andererseits ist aber auch dieses Temperament, wie Lotze so wahr bemerkt, die Basis, auf der ein grosser Theil des edelsten Geisteslebens beruht.

III. Der Sanguiniker ist gemüthlich leicht erregbar, seine vorwaltenden Grundstimmungen sind Gefühle der Lust. Die Erregungen sind zwar momentan stark und von intensiven mimischen Bewegungen begleitet, aber andererseits wenig nachhaltig und leicht wechselnd. Die entschieden grössere gemüthliche Lebhaftigkeit, die selbst auf andere psychische Vermögen nicht ohne Einfluss ist, beeinträchtigt wegen ihrer geringen Stabilität die Stärke der Stimmungen mehr oder weniger. Der Sanguiniker ist, weil er Erregungen und Genüsse sucht und vielfach uninteressirten, wenn auch nicht tiefgehenden Antheil nimmt für Andere, ein liebenswürdiger, überall ansprechender, aber auch insofern er gern wechselt in Neigungen, Ansichten und Entschlüssen, wenig zuverlässiger Mensch.

IV. Der Choleriker ist ebenfalls leicht erregbar, die Erregungen sind stark und nachhaltig, sowie von deutlichen mimischen Bewegungen begleitet. Die vorwaltende Stimmung ist die des gehemmten Selbstgefühls, der Unlust. Die Strebungen sind beharrlich und im Vergleich zu andern Temperamenten leidenschaftlicher. Dieses Temperament, das als das heftige vorzugsweis bezeichnet werden kann, bildet vermöge seiner gemüthlichen Grundstimmung und seiner intensiven Strebungen einen grellen, in den socialen Beziehungen ganz besonders hervortretenden Gegensatz zum sanguinischen; aber die leichte Antheilnahme an Eigenem wie Fremdem und die Beharrlichkeit und Thatkraft des Strebens befähigen andererseits den Choleriker zu Erfolgen, welche den anderen Temperamenten häufig versagt sind.

625. Somatische Beziehungen der Temperamente.

In Menschen, welche zu gemüthlichen Erschütterungen disponirt sind, können die vegetativen Funktionen unmöglich denselben durchschnittlichen Ablauf zeigen, wie in Gemüthsruhigen, und so mag immerhin in der Mehrzahl der Phlegmatiker der Stoffwechsel ruhiger und gleichmässiger, die Blutcirculation langsamer, gemessener, die Muskelthätigkeit und die Disposition zur Ansammlung von Fetten stärker als im Choleriker sein. Die vorwiegende Grundstimmung der Lust muss beim Sanguiniker die Intensität des Stoffwechsels überhaupt, den Umsatz und die Leistungen der Muskeln, die Receptivität für Sinneseindrücke mehr oder weniger fördern und auf alles Mimische und Physiognomische anders wirken als die entgegengesetzten Stimmungen des Melancholikers. Bestimmte Strebungen endlich werden, je nach ihrer Qualität und Energie, das Muskelsystem bald so, bald anders beeinflussen. Aber das alles schliesst zahlreiche Ausnahmen nicht aus, die durch unbekannte individuelle Momente, namentlich durch eine gegenseitige Accommodationsfähigkeit bedingt sind, vermöge welcher z. B. die leiblichen Funktionen oft wiederholten psychischen Bewegungen gegenüber nach und nach unabhängig werden können.

Fragen wir aber andererseits nach den etwaigen Abhängigkeitsverhältnissen der Temperamente von körperlichen Zuständen, so tritt uns ein vollständiger Mangel sicherer Thatsachen entgegen. Die alte griechische Medicin freilich leitete die einzelnen Temperamente, wie schon deren Namen besagen, geradezu ab von bestimmten im Organismus angeblich vorwaltenden Säften, Phantasieen, die höchstens noch von Denen beachtet werden, welche dieselben als Handhaben gegen die Temperamentenlehre überhaupt benützen möchten. J. Müller sagt mit Recht: „Es sind nicht gerade aus dem Vorwiegen eines der organischen Systeme die geistigen Eigenschaften der Temperamente abzuleiten. Denn die Muskelkraft ist weit entfernt cholerisch zu machen und das phlegmatische Wesen kommt bei gut vegetirenden und schlecht vegetirenden vor. Nicht alle Wohlgenährte und Dickbeleibte sind phlegmatisch, es giebt sehr hagere Menschen genug von entsetzlichem Phlegma und cholerische von wohlgenährter, hagerer, muskulöser und zarter Beschaffenheit und ebenso sanguinische.“ Aber er geht zu weit, wenn er psychische Abhängigkeiten der Art nahezu gänzlich verwirft. Solche müssen stattfinden, wenn auch in viel weniger manifester Weise, wie denn überhaupt die Beeinflussungen des Körpers von der Seele viel nachweisbarer und konstanter sind als die Beziehungen umgekehrter Art. Zudem ist bei diesen Wechselwirkungen häufig auch die Entscheidung schwer, ob das seelische Moment oder das leibliche das ursprüngliche Bestimmungsglied darstellt.

626. Allgemeine Charakteristik der Temperamente.

Die Lehre von den Temperamenten hat die verschiedensten Auffassungen und Begrenzungen erfahren, wodurch ihr, dem Wesentlichsten nach richtiger Inhalt nicht selten bis in's Unkenntliche entstellt worden ist. Dem subjektiven Belieben war hier Alles gestattet, sodass die ganze Doctrin von den meisten neueren Physiologen und Pathologen, freilich mit Unrecht, nahezu aufgegeben wurde. Joh. Müller definirt die Temperamente als bestimmte, den Individuen dauernd anhaftende Zustände und Modi der Wechselwirkungen zwischen Seelischem und Körperlichem, die sich kund geben sowohl durch die Intensitäten und Richtungen der psychischen Gefühle, welche die Empfindungen, Gemeingefühlssensationen und Vorstellungen (als Gemüthsbewegungen, Affekte u. dgl.) begleiten, als auch durch die Art und Weise der Dispositionen zu Strebungen. Die Temperamente bieten somit eine receptive, passive, und eine aktive Seite. Obschon sie mit den moralischen Richtungen der Charaktere nicht näher zusammenhängen, auch nicht direkt mit der Stärke der intellektuellen Vermögen, so enthalten sie doch begünstigende und hemmende Momente genug, welche auf die Entfaltung auch jener Seiten des psychischen Lebens von Einfluss sind. Vor Allem betont J. Müller, dass in jedem Temperament eine gewisse Intensität des geistigen Lebens möglich ist, wenn auch hier etwas mehr nach dieser, dort mehr nach jener Richtung. Der Phlegmatiker z. B., dieses Stiefkind der früheren subjektiven Temperamentenlehre, ist kein geistesfauler Mensch mit langsam dahin sich schleppenden Vorstellungen, er vermag ebenso intensiv zu denken wie der Melancholiker und Choleriker, ja selbst die gemüthliche Neutralität, die ihn vorzugsweise charakterisirt, macht ihn zu einem besonders objektiven, im Handeln sicheren und zuverlässigen Menschen, der bei entsprechenden geistigen Anlagen die heftigeren und unruhigeren Temperamente in Vielem zu übertreffen im Stande ist.

XXIX. Von Einzelfunktionen abhängige Körperzustände.

A. Constitutionelle Wirkungen der Muskelthätigkeit.

627. Blutlauf.

Geringe Thätigkeit der Muskeln auch nur einer Extremität, ja schon die Kaubewegung, beschleunigt den Puls ein wenig und zwar in Schwächlichen mehr als in Robusten. Schreien und lebhafte Bewegungen können die Pulsfrequenz des Säuglings um $^1/_3$ steigern. Mässige Körperbewegung vermehrt

den Puls um etwa 10—20, länger fortgesetzte um 30 Schläge in der Minute; starkes Laufen erhöht die Pulszahlen auf das Doppelte bis selbst Dreifache der Norm. Während der Körperbewegung nimmt auch die Grösse des Pulses zu, jedoch nur bis zu einer gewissen Grenze, indem bedeutende Anstrengungen die Contractionsgrössen des Herzens wiederum vermehren, weil zugleich die von den Systolen zu überwindenden Widerstände (Blutdruck) im Arteriensystem erheblich zugenommen haben. Die Anstrengung der Muskeln ist somit begleitet von einer stärkeren Füllung des Arteriensystems auf Kosten des Blutvorrathes der Venen, wogegen der Ruhezustand zu dem entgegengesetzten Verhältniss der Blutvertheilung führt. Die Körperbewegung vermehrt die in der Zeiteinheit umgetriebenen Blutmassen und vermindert die Dauer der Kreislaufszeiten und zwar selbst in der, auf die Bewegung unmittelbar folgenden, durch das Versuchsverfahren bedingten Ruhezeit.

Hering erhielt an einem Pferde in der Ruhe, bei 36 Pulsen und 8 Athemzügen in 1 Minute, eine Kreislaufsdauer (in der Jugularisbahn) von 22,5 Secunden; nach vorherigem Herumtreiben im Trabe aber sank die Kreislaufszeit auf 17,5 Secunden, während die Puls- und Athemfrequenzen auf 100 und 24 gestiegen waren.

Der Puls wird in der Regel selbst nach mässiger Körperbewegung nicht sogleich ruhig; der ermüdete Körperzustand nach starkem Gehen kann sogar von einer, mehrere Stunden dauernden erheblichen Vermehrung der Pulsfrequenz begleitet sein (Oesterlen).

628. Athmen.

Die Körperbewegung steigert das Athembedürfniss bedeutend; desshalb können wir nur in der Ruhe, nicht aber im angestrengten Zustand, den Athem einige Zeit anhalten. Die Füllung der Lungen mit Luft nimmt, sammt der Zahl und Tiefe der Athemzüge zu. Beim langsamen Gehen vollführen wir etwa 18, beim schnellen 30 Athemzüge in der Minute; Laufen, schnelles Steigen und sonstige heftige Körperanstrengungen können dieselben auf 70, ja 100 und noch mehr heben. Zur Messung des ausgeathmeten Luftvolums und der Kohlensäure benützte Smith einen portativen Apparat, der freilich viel zu hohe absolute Werthe ergab, immerhin die Aufstellung von unter sich vergleichbaren Zahlen gestattet. Wird das Volum der geathmeten Luft im ruhigsten Zustand, d. h. bei horizontaler Lage des Körpers = 1 gesetzt, so hat man für das Sitzen 1,18 — lautes Lesen 1,26 — aufrechte Stellung 1,33 — langsames Gehen — 1,9 — sehr schnelles Gehen, d. h. fast 1 Meile in 1 Zeitstunde, 4,0 — Laufen 7. Auch die Belastung des Körpers erhöht das geathmete Luftvolum bedeutend.

Die Sauerstoffabsorption ist während der Körperbewegung sehr gesteigert (s. Tabelle § 629). Nach Prout wird die % Menge der Kohlensäure der Ausathmungsluft am Anfang mässiger Bewegung vermehrt, bei heftiger Bewegung aber gemindert. Eine mässige Bewegung äussert, wenn der Körper wieder zur Ruhe gekommen ist, eine Nachwirkung auf den Athemprocess; der Kohlensäuregehalt der Ausathmungsluft ist ein wenig, und das geathmete Luftvolum sowie die absolute Kohlensäure um etwa 1/30 erhöht (Vierordt).

629. Körperwärme.

Während der Körperbewegung nimmt die Wärmeproduktion bedeutend zu. Hirn erhielt mittelst seines Calorimeters (276) im Endmittel folgende Wärmemengen. Sämmtliche Zahlen sind auf die Zeitdauer einer Stunde reducirt.

	Alter. Körpergewicht.	Ruhe. Sauerstoffabsorption in Grammen.	Ruhe. Calorien.	Bewegung. Sauerstoff in Grammen.	Bewegung. Calorien.	Bewegung. Geleistete Arbeit in Kilogr. Metern.
Mann	42 J. 63 Kilo.	27,7	149000	120,1	275000	22980
Mann	42 J. 85 K.	32,8	180000	142,9	312000	34040
Mann	47 J. 73 K.	27,0	140000	128,2	229000	32550
Mann	18 J. 52 K.	39,1	165000	100,0	274000	22140
Weib	18 J. 62 K.	27,0	138000	108,0	266000	21630

Jede irgend stärkere Muskelthätigkeit veranlasst eine Temperaturzunahme um 1/3 bis selbst 3/4 ° C. (J. Davy). Ueber die Nachwirkungen der Körperbewegung widersprechen sich die Beobachter; nach Einigen erreicht der Körper, wenn er zur Ruhe kommt, schnell wieder den gewöhnlichen Wärmegrad. Es kommt dabei offenbar auf Dauer und Intensität der Bewegung und den jeweiligen Ernährungszustand an. Die Lokaltemperatur eines Muskels ist während seiner Thätigkeit erhöht (Becquerel und Breschet, Helmholtz), dessgleichen steigt die Wärme der über demselben liegenden Hauptparthie (Ziemssen).

Die allgemeinen Bedeckungen werden während der Muskelthätigkeit blutreicher und wärmer; die Perspiration der Cutis nimmt bedeutend zu; stärkere Körperbewegung, namentlich in warmer Luft, veranlasst eine profusse Schweisssecretion; auch die Kohlensäureabgabe der Haut nimmt etwas zu (A. Gerlach). Die höhere Temperatur der Körperoberfläche erleichtert die Abgabe der strahlenden Wärme, während das stark vermehrte Hautwasser die von der Verdunstung abhängigen Wärmeverluste begünstigt. Die allgemeinen Bedeckungen stellen somit wichtige Compensationsmittel dar, welche den Körper auf annähernd gleicher Temperatur erhalten. Da die Haut im Ruhezustand verhältnissmässig am niedersten temperirt ist, so erfährt sie, wie überhaupt die peripheren Theile des Körpers, die Extremitäten u. s. w. die grösste Temperaturzunahme während der Körperbewegung und die letztere hat somit den Effekt, die Körperwärme vollständiger und gleichmässiger zu vertheilen.

630. Sonstige Stoffwechselphänomene.

Körperbewegung, namentlich in warmer Luft, vermindert die Harnmenge; bei fortgesetzter Bewegung wird ein sparsamer, hochgefärbter und concentrirter Harn gebildet. Nach C. Lehmann, Speck und Anderen begünstigt Körperbewegung die Harnstoffbildung, wogegen nach Draper und L. Lehmann

der Harnstoff, unbedeutende Ausnahmen abgerechnet, selbst während starker Körperbewegungen nicht unmittelbar zunehmen soll. Eine mässige Vermehrung des Harnstoffs während der Bewegung scheint auch aus Versuchen von Voit an einem Hunde hervorzugehen. Die Harnsäure folgt vielleicht keiner durchgreifenden Norm; Ranke fand wenigstens keine erhebliche Zunahme bei Körperbewegungen. Die Sulphate, Phosphate scheinen in der Regel vermehrt, das in den Schweiss übergehende Chlornatrium dagegen (wenigstens nach einigen Erfahrungen) gemindert zu sein.

Die Muskelanstrengung steigert die Gesammtausgaben des Körpers; desshalb nimmt der Körper bei einer Diät, welche bei ruhigem Verhalten sein Gewicht in einigen Tagen zu vermehren im Stande wäre, an Masse ab. Die stärkeren Wasserverluste veranlassen unter allen Umständen Durst; Hungergefühle stellen sich aber nur nach mässigeren Anstrengungen ein; übergrosse Ermüdungen bringen sogar die Esslust herunter. Die Absonderung der Verdauungssäfte erfolgt im erstern Fall reichlicher, die Darmperistaltik ist gesteigert; auch soll die Gallenabsonderung in Folge der Bewegung vermehrt sein. Die Resorption ist während der Muskelthätigkeit gesteigert; vergiftete Thiere zeigen früher toxische Symptome und sterben schneller, wenn sie zum Umhergehen genöthigt werden, als wenn sie sich ruhig verhalten.

631. Anhaltend bewegtes Leben.

Die mit habituellen körperlichen Anstrengungen verbundene Lebensweise bietet, gegenüber dem wenig bewegten Leben, folgende Unterschiede: 1) Die erhöhten Ausgaben ermöglichen und fordern eine entsprechende Vermehrung der Zufuhren; die Verdauung ist kräftiger, das Verlangen nach derber, nahrhafter Kost grösser. Menschen mit wenig Bewegung haben einen geringeren Appetit, sie verdauen langsam und Schwerdauliches nur unvollständig; die Resorption aus dem Nahrungsschlauch ist verzögert, die Fäcalentleerung erfolgt weniger regelmässig. 2) Die Muskeln sind voluminöser, blutreicher, derber, entschieden leistungsfähiger, der gesammte Ernährungszustand und das Aussehen blühender als bei sitzender Lebensweise. In Zusammenhang damit stehen mannigfache Gemeingefühle, welche selbst auf die psychische Stimmung von Einfluss sind, eine Euphorie, die der wenig sich Bewegende nicht kennt, in welchem eine gewisse Reizbarkeit des Körpers und der Gemüthsstimmung ziemlich häufige Erscheinungen sind. 3) Auf den während der Bewegung oder sonstigen Muskelanstrengung stark gesteigerten Stoffwechsel folgt eine beträchtliche Minderung in den Stunden der Ruhe. Die Funktionen des körperlich arbeitenden Menschen zeigen somit grosse Unterschiede ihrer Energieen im Verlauf eines Tages; daher das stärkere Schlafbedürfniss, der tiefe und ruhige Schlaf und die grössere restaurirende Wirkung desselben. 4) Die sog. insensibelen Körpergewichtsverluste (durch Lungen und Haut) überwiegen bei Weitem die Urinmenge; schon bei einer mittleren Lebensweise verhält es sich umgekehrt (s. 286); bei vorwaltend ruhigem

Leben aber treten die insensibelen Verluste noch mehr zurück. Wird die tägliche Harnmenge = 10 gesetzt, so ist in Tagen starker Arbeit der insensibele Verlust = 13, an vollkommen ruhigen Tagen aber nur 4 (Speck). 5) Bei bewegtem Leben ist die Fettablagerung viel geringer als beim ruhigen, auch nimmt alsdann die Menge der Synovialflüssigkeiten ab (Frerichs).

Der gehörige Gebrauch der Muskeln, namentlich die Bewegung im Freien hat von jeher als eines der ersten diätetischen Hülfsmittel bei der Behandlung nicht weniger Krankheiten gegolten. Die anderweitigen Wirkungen des anhaltend bewegten Lebens können aus den frühren §§ erschlossen werden; nur sei noch erwähnt, dass die Sexualentwicklung später erfolgt bei bewegtem Leben, in welchem auch der Menstrualfluss geringer zu sein pflegt.

Will man den Einfluss der Körperbewegung als solcher, also die unmittelbaren constitutionellen Wirkungen der Muskelthätigkeiten untersuchen, so darf die Versuchszeit nicht über die Dauer der Bewegung selbst hinausgehen. Wird dagegen die Arbeits- und Ruhezeit einer ganzen täglichen Periode zusammengefasst, so verdeckt die letztere die Wirkungen der Muskelanstrengungen zum Theil. Die Forscher haben diesen Verhältnissen nicht immer Rechnung getragen (in Versuchen von Voit über den Einfluss der Muskelbewegung auf den Harnstoff betrug die Arbeitszeit bloss 1, die Ruhezeit nicht weniger als 23 Stunden, gleichwohl beziehen sich die angegebenen Harnstoffwerthe auf die ganze 24stündige Periode). Das Studium der physiologischen Wirkungen des anhaltend bewegten Lebens verlangt, dass die Versuchsperson schon vorher längere Zeit in der entsprechenden Richtung gelebt und dadurch seine Funktionen in einen, diese Verhältnisse erst gehörig charakterisirenden Beharrungszustand gebracht hat. Die meisten Forschungen begnügen sich dagegen mit kurzen Versuchsperioden eines bloss vorübergehend bewegten Lebens.

632. Einflüsse der Körperstellung.

Die Lage und Stellung des Körpers verändert einige Specialphänomene in auffallender Weise; vor allem die Herzbewegungen (Bryan Robinson). Nach Guy beträgt die mittlere Pulsfrequenz beim Liegen 66, Sitzen 71 und Stehen 81 Schläge. Ausnahmen von diesen Durchschnittsnormen sind freilich nicht selten; es giebt z. B. Individuen, bei welchen die Pulsfrequenz durch die Körperstellungen nicht wesentlich alterirt wird. Die Ursache der Beschleunigung bei verticaler Stellung liegt vielleicht in einer kleinen Verschiedenheit der Form des Herzens, welche ihrerseits wieder auf die Ausgiebigkeit der Contractionen von Einfluss sein könnte; ferner in einer Zunahme der Wiederstände der arteriellen Blutsäule, ganz besonders aber in der Steigerung der Muskelthätigkeit. Der Puls ist in der That frequenter, wenn man frei steht, als wenn man sich an eine Wand anlehnt.

Die Athembewegungen sind beim Liegen seltener als beim Stehen; im Neugeborenen ist dieser Einfluss besonders gross, indem derselbe bei vertikaler Körperlage etwa um ⅓ häufigere Athemzüge vollführt. In vertikaler Stellung, in welcher zudem das Respirationsbedürfniss gesteigert ist, können die Lungen sich stärker füllen. Hutchinson erhielt folgende Werthe in C. C. M. für die Vitalcapacität: beim Stehen 4264 — Sitzen 4182 — Liegen 3772. Nach Wintrich sind die Differenzen verhältnissmässig am grössten in minder kräftigen Menschen. Den Einfluss der Körperstellungen auf die geathmeten Luftvolume s. 628. Die Wärmeproduktion ist geringer beim Liegen und Sitzen; wir frieren dann auch viel leichter, als wenn wir stehen.

B. Der verdauende Organismus.

633. Blut und Blutlauf.

Während der Verdauung geschieht die Chylusbildung energisch; die Blutmenge nimmt ohne Zweifel erheblich zu und zwar vorzugsweis des Plasma, da die Zahl der Körperchen in einem gegebenen Volum eher abzunehmen scheint (Vierordt). Der grosse Durchmesser der Körperchen soll etwas kleiner werden, auch sollen die Körperchen unter sich stärkere Grössenabweichungen als gewöhnlich bieten (Harting). Die farblosen Körperchen verdoppeln ihr Verhältniss zu den farbigen (Moleschott). Das Blut gerinnt langsamer; der Fett-, Salz- und namentlich Eiweissgehalt des Serums, also überhaupt die % Menge der Fixa desselben nehmen zu, ebenso der Zuckergehalt des Blutes. Das Serum ist wegen des stärkeren Fettgehalts öfters trüblich. Reichliche Aufnahme von Getränken erhöht nach Einigen den Wassergehalt des Blutes vorübergehend ein wenig. Die Arterien sind grösser während der Verdauung, der der Messung am Lebenden zugängliche Durchmesser der Radialis ist von 2,3 auf 2,9 Millim. gestiegen (Aberle). Der Puls ist um 8—20 Schläge in der Minute frequenter, kräftiger, grösser und zugleich schneller. Auch im Säugling wird der Puls etwas häufiger während der Saugbewegungen; bei Knaben ist die Beschleunigung schon beträchtlich; in Greisen sinkt sie wiederum. Der Körper wird überhaupt saftreicher; schwellbare Organe, namentlich die Milz, gewinnen bedeutend an Volumen; das Lebergewicht steigt; die Gewebeflüssigkeit ist vermehrt, das Lymphsystem stärker gefüllt, die Lymphdrüsen sind blutreicher und grösser.

634. Ausscheidungen.

Nicht bloss die Verdauungssäfte, sondern die Secrete überhaupt nehmen an Menge zu. Die Anfüllung des Magens hindert die Thätigkeit des Zwerchfells etwas, daher ist die Vitalcapacität des Athmungsapparates nach einer stärkeren Mahlzeit ein wenig gemindert. Aus derselben Ursache sind die Athembewegungen weniger tief, aber rascher, wesshalb die geathmeten Luftvolume und der gesammte respiratorische Gaswechsel eine Steigerung erfahren.

Nach der Mittagsmahlzeit werden in der Minute etwa $1\frac{1}{5}$ Athemzüge mehr vollführt, über 700 C. C. M. Luft und etwa 37 C. C. M. Kohlensäure mehr ausgeathmet. Die % Kohlensäure der Exspirationsluft wird bei qualitativ und quantitativ mittlerer Kost in Erwachsenen kaum ein wenig vermehrt. Spirituosa mindern nach Prout bei leerem Magen die % Kohlensäure schnell, etwa um $\frac{1}{2}$ %. Dieser Einfluss macht sich auch bei der Verdauung der Mittagsmahlzeit in hohem Grad geltend. 1—2 Stunden nach Aufnahme der Nahrung erhielt Vierordt folgende Werthe:

	% Kohlensäure	Vermehrung der Pulsschläge	Vermehrung der absoluten Kohlens.
Mahlzeiten mit Wein	4,2 —	17	$\frac{1}{10}$
„ ohne Wein	4,5 —	13	$\frac{1}{5}$

Die Harnmenge nimmt zu; der Harnstoff beginnt, namentlich nach reicher Fleischkost, schon etwa 1 Stunde nach der Nahrungsaufnahme zu steigen, um

mehrere Stunden über dem Durchschnittsmaass zu bleiben (681). Auch die Harnsäure ist etwas vermehrt, namentlich bei schwierigerer Verdauung und nach reichlicher Aufnahme von Spirituosen (Lehmann); die Phosphate und Sulphate nehmen ebenfalls zu, vorzugsweis bei animalischer Kost; endlich veranlasst der bedeutende Kochsalzzusatz zu den Speisen eine beträchtliche Mehrung der Chloride des Harns.

635. Anderweitige Erscheinungen.

Die Körperwärme steigt etwa um $\frac{1}{3}$—$\frac{1}{2}$ ° C.; sie erreicht ihr Maximum ziemlich später als der Puls. Die meisten Menschen fühlen sich unmittelbar nach der Mahlzeit minder aufgelegt zu körperlichen und geistigen Anstrengungen, offenbar zum Theil Folgen der schnell eintretenden Blutalteration, der stärkeren Blutzufuhr zum Gehirn und der höheren Körpertemperatur. Beim Erwachsenen macht sich das Bedürfniss der Ruhe und selbst eines kurzen Schlafes geltend. Stärkere körperliche Anstrengungen werden nicht gut ertragen, wohl aber mässige Bewegung, welche die Resorption und somit auch die Einwirkung der Verdauungssäfte auf das noch nicht Verdaute befördert.

Die Wirkungen des Verdauungsaktes auf den Organismus hängen von vielen Nebenbedingungen ab. Besonders sind hervorzuheben: 1) Qualität und Quantität der Nahrung. Reichliche Zufuhren, namentlich schwerverdaulicher Speisen nehmen die Verdauungsthätigkeit und somit auch den Organismus stärker in Anspruch. 2) Lebensalter (593). 3) Kräftezustand, insofern die Körperfunktionen durch die Verdauung in Menschen von schwächerer Constitution relativ viel mehr aufgeregt werden als bei Robusten. 4) Den Einfluss der Tageszeiten s. 685.

Ueber die constitutionellen Wirkungen des Hungerns s. 291—293.

C. Menstruation.

636.

Die wesentlichsten, den Menstrualfluss begleitenden Vorgänge in den inneren Genitalien wurden in 557 betrachtet. Der Blutandrang zu den Beckenorganen, vor allem die bedeutenden, im Uterus ablaufenden Processe (698) veranlassen Gefühle von Zerren, Abwärtsdrängen und erhöhter Wärme in Beckengegend. Auch die Brüste, welche blutreicher werden und etwas anschwellen, sind öfters der Sitz leichter spannender oder stechender Sensationen.

Der Puls ist häufiger, manchmal auch unregelmässig, der Herzstoss kräftiger; die Athemzüge sind beschleunigt, die Perspiration bietet häufig einen eigenthümlichen Geruch. Der Appetit kann gemindert oder merklich gesteigert sein. Das Abdomen ist etwas aufgetrieben, flüchtige kolikartige Schmerzen stellen sich manchmal ein. Die Urinausleerung erfolgt häufiger, auch ist sie dann und wann mit leichten Schmerzen verbunden; die Harnstoffproduktion soll nach Beigel sinken. Die Ernährung ist häufig etwas beeinträchtigt; die Haut blässer,

gedunsener, die farblosen Blutkörperchen nehmen zu (Moleschott). Die Stimme kann rauher werden; die Schilddrüse schwillt etwas an. Die Leistungsfähigkeit der Muskeln nimmt ab, die Gesichtszüge sind schlaffer, das Auge weniger lebhaft; die Netzhaut ist empfindlicher und Flimmern vor den Augen eine häufige Erscheinung; das Schlafbedürfniss ist grösser; subjektive Hitzegefühle abwechselnd mit Frösteln, Eingenommenheit des Kopfes, Unlust zu geistigen Anstrengungen und eine gewisse psychische Reizbarkeit kommen nicht selten vor.

Der Menstrualprocess besteht somit zunächst in einer bedeutend gesteigerten Thätigkeit der Genitalien. Seine constitutionellen Begleiterscheinungen, die Veränderungen des Stoffwechsels und die mehr oder minder auffallenden Nerven- und Muskelsymptome dürfen nicht bloss als Reflexe und einfache folgenlose Mitaffektionen des Gesammtkörpers jener localen Processe zu betrachten sein. Wahrscheinlich haben dieselben irgend eine vorbereitende, das Gleichgewicht zwischen der gesteigerten Uterinthätigkeit und dem übrigen Organismus vermittelnde Bedeutung für die Periode der Schwangerschaft. In kräftigen Frauen sind übrigens die symptomatischen Aeusserungen dieser constitutionellen Vorgänge intensiv und extensiv viel weniger entwickelt. Für eine eingreifendere Bedeutung dieser Zustände des Gesammtorganismus unter allen Umständen spricht aber unter anderem auch die entschieden grössere Erkrankungsfähigkeit des Körpers während der Menstrualperiode.

D. Schwangerschaft.

637. Vorbemerkungen.

Die physiologischen Eigenthümlichkeiten des schwangeren Organismus zerfallen in folgende Categorien: 1) Oertliche Processe in den Genitalien selbst (573, 698, 701). 2) Allmälige Vorbereitung der Brüste zum Säugen. Dieselben werden blutreicher, voluminöser, fester und bilden bereits (582) kleine Mengen eines Secretes. Die Warze wird länger, der Warzenhof grösser und die Talgdrüsen desselben entwickeln sich stärker. 3) Die unmittelbar mechanischen Einwirkungen des ausgedehnten Uterus auf die Nachbarorgane. 4) Die übrigen konstitutionellen Erscheinungen.

In vielen Thieren tritt nach der Empfängniss eine, weitere Begattungen unmöglich machende Abneigung der Weibchen gegen die Männchen ein. Beim menschlichen Weibe verräth sich die Empfängniss in der Regel durch keine auffallenden oder überhaupt nur irgend sicheren Symptome, obschon für manche Individualitäten bestimmte, in der grossen Mehrzahl der übrigen Frauen freilich vollkommen gleichgültige Erscheinungen einen gewissen Werth als frühe Schwangerschaftszeichen haben. Empfindungen von Wärme, Völle und Druck im Unterleib, ferner Ekel, Uebelkeit oder selbst Brechen gehören zu den verhältnissmässig am häufigsten auftretenden Erstlingssymptomen. Für die grosse Mehrzahl gesunder Frauen ist aber erst das Ausbleiben der Menstruation das zunächst zuverlässigste Zeichen einer beginnenden Schwangerschaft.

Die konstitutionellen Symptome sind gewöhnlich stärker in der ersten Hälfte der Schwangerschaft, ferner bei zum erstenmal Schwangeren, namentlich aber in schwächlichen Frauen. In der späteren Schwangerschaftszeit wird auch auch der kräftigste Organismus mindestens durch die mechanischen Wirkungen des Uterus afficirt.

638. Druck des Uterus auf die Nachbartheile.

Die bedeutende Volumzunahme der Gebärmutter verändert mehr oder weniger die Funktionen der Nachbarorgane; die Nachgiebigkeit der Hypochondrien und der Bauchhaut, welche unter Umständen eine starke Verdünnung erleidet (Litzmann), gestattet aber eine beträchtliche Raumvergrösserung der Bauchhöhle, wodurch tiefgreifenderen Druckwirkungen vorgebeugt ist, und das um so mehr, als die Ausdehnung des Uterus nur allmälig erfolgt. Die Unterleibseingeweide erfahren bedeutende Lageveränderungen; die Dünndärme, später auch der Quergrimmdarm und Magen, werden nach oben und hinten gedrängt. Der Druck des Uterus auf den Mastdarm und untern Dickdarm führt nicht selten zu Erschwerung des Stuhlganges, Verstopfung u. s. w. Der Druck auf den Körper der Harnblase veranlasst namentlich in der letzten Schwangerschaftszeit häufigere Harnentleerungen; dagegen tritt Harnverhaltung durch Druckwirkungen auf den Blasenhals nur selten auf. Der Druck auf die Lenden- und Sacralnerven führt zu Gefühlen von sog. Eingeschlafensein und Ameisenlaufen, sowie zu anomalen Muskelcontractionen oder erschwerter Beweglichkeit in den untern Extremitäten. Endlich ist auch der Rückfluss des Blutes aus den untern Extremitäten, äusseren Genitalien, Mastdarm, Harnblase erschwert; daher die unter Umständen selbst bedeutenden Lumenzunahmen in diesen Gefässprovinzen, sowie leichte seröse Ausschwitzungen in das Unterhautzellgewebe der unteren Extremitäten.

639. Blut und Blutlauf.

Das Blut der Schwangeren hat meistens eine dunklere Färbung und ein geringeres specifisches Gewicht; doch scheint letzteres in der späteren Zeit wieder zu steigen. Der Gehalt an Haematoglobulin, Eiweiss und unorganischen Bestandtheilen nimmt ab; nach Einigen sollen die Blutkörperchen später wieder zunehmen. Das Fett wird etwas, der Faserstoff, namentlich in den spätern Monaten, nach Nasse und Andral erheblich vermehrt. Eine blutkörperchenfreie, helle Schicht (sog. Crusta) an der Oberfläche des Blutkuchens kommt ziemlich häufig vor. Die Blutmenge ist ohne Zweifel öfters vermehrt; das Herz zeigt in den spätern Perioden eine sichtliche Vergrösserung. Die Herzschläge sind häufiger, ausgiebiger, auch wohl unregelmässig; namentlich kommen vorübergehende Steigerungen der Herzthätigkeit, verbunden mit Herzklopfen und stärkerer Blutfüllung einzelner Organe, nicht selten vor. Die Blutvertheilung ist wesentlich verändert, den Beckenorganen werden grosse Blutmassen zugeführt, die unteren Extremitäten sind blutreicher als gewöhnlich.

640. Ausscheidungen.

Das Athembedürfniss ist gesteigert; die Kohlensäureproduktion nimmt zu (Andral und Gavarret), die Körpertemperatur dagegen zeigt keine merk-

liche Veränderung. Das Herabsteigen des Zwerchfells wird zunehmend erschwert, ohne dass übrigens das Athemholen eine Beeinträchtigung erfährt, da die Brusthöhle sich besonders in die Breite vergrössert. Die an Zahl zunehmenden Athembewegungen sind thoracische; die Vitalcapacität ist nicht gemindert, ja sogar vermehrt (Küchenmeister).

Die festen Bestandtheile des Harnes nehmen ab (Becquerel). Ein merkliches Sinken des, zum Aufbau der Knochen des Fötus wichtigen phosphorsauren Kalkes scheint nicht stattzufinden. Vom Harnstoff wird eine Abnahme behauptet. Der Harn reagirt weniger sauer, auch geht er leichter in alkalische Gährung über, deren Eintreten durch Beimischungen von Schleim aus der Scheide unterstützt wird. Produkte der alkalischen Harngährung kommen desshalb im gelassenen Harn häufig vor (Lehmann), namentlich ein aus phosphorsaurer Ammoniak-Magnesia und mikroskopischen Pilzen bestehendes, irisirendes Häutchen auf der Oberfläche des Harnes, welches man früher ohne Grund als ein Schwangerschaftszeichen betrachtete. Wegen des erschwerten venösen Rückflusses aus der Niere können sogar kleine Mengen Eiweiss in den Harn Hochschwangerer übergehen.

641. Ernährung und Stoffwechsel überhaupt.

Zuverlässige statistische Erfahrungen über die Ernährung und den Gesammtstoffwechsel in den Einzelperioden der Schwangerschaft fehlen. Im Allgemeinen findet eine Steigerung des Gesammtstoffwechsels statt, wie schon die Appetitvermehrung in den meisten Schwangeren beweist. Wir haben aber nicht einmal über die teleologische Nothwendigkeit dieser Erscheinung eine genauere Vorstellung, weil die Intensität des fötalen Stoffwechsels nicht näher bekannt ist. Das Plus von Zufuhren kommt nicht bloss dem Fötus und Uterus, sondern wohl auch anderen Organen der Mutter zu gut. Die Einzelprocesse des Stoffumsatzes erfahren namentlich auch in ihren proportionalen Intensitäten, eingreifende Veränderungen. Die in manchen Fällen fehlende oder doch nur geringe Abmagerung von Schwangeren trotz anhaltend herabgesetztem Appetit oder habituellem Erbrechen bald nach dem Essen, ist eine bemerkenswerthe Erscheinung. Häufig wurde behauptet, das gesteigerte Uterinleben beeinträchtige den Stoffumsatz in den übrigen Organen, eine Ansicht, welche trotz vieler Uebertreibungen, wenigstens für gewisse Funktionen nicht unbegründet ist. Die Haare fallen leichter aus; in der spätern Schwangerschaftszeit magern manche Theile, namentlich des Oberkörpers, merklich ab; in noch nicht ausgewachsenen Schwangeren soll das Längswachsthum vorübergehend stille stehen, ja dasselbe soll sogar auch nach beendeter Schwangerschaft eine Minderung oder völlige Hemmung erleiden können. Frühzeitige oder schnell auf einander folgende Schwangerschaften vereiteln die Ausbildung einer kräftigen Körperkonstitution und sind selbst die Ursache einer geringeren Lebensdauer der Nachkommenschaft.

Von relativ häufigeren Specialerscheinungen wären hervorzuheben die stär-

kere Pigmentablagerung auf der Haut, namentlich dem Warzenhof, längs der Linea alba des Bauches und in der Genitalgegend, sowie das Hervortreten von Sommersprossen und sog. Leberflecken im Gesicht. An der Innenfläche des Schedeldaches entstehen öfters Ausschwitzungen, welche verknöchern und zu röthlich gefärbten, Groschen- bis Thalergrossen, $\frac{1}{6}$—$\frac{1}{2}$ Linie und darüber dicken Blättchen sich umwandeln, den sog. Osteophyten (Rokitansky).

642. Muskel- und Nervensystem.

Durch die Ausdehnung des Uterus wird der Schwerpunkt des Körpers weiter nach vorwärts und abwärts verlegt, daher das auffallende Rückwärtshalten des Oberkörpers beim Stehen und Gehen. Der Gang ist desshalb, sowie wegen der um etwa $\frac{1}{10}$ vermehrten Körperlast und der sonstigen Beeinträchtigung der Muskeln der unteren Extremitäten, etwas unsicher und schwankend.

Das Gemeingefühl erleidet vielfache Veränderungen; doch bieten die hieher gehörigen Erscheinungen bei verschiedenen Frauen zahlreiche Abweichungen, sowie sie auch in demselben Organismus durch ihre Wandelbarkeit ausgezeichnet sind. Vollkommene Euphorie kommt selbst bei den gesündesten und kräftigsten Hochschwangeren kaum vor. Kopf- und Zahnschmerzen, Müdigkeitsgefühle, Schwindel, Ekel, Sodbrennen und subjective Sinnesempfindungen bilden ziemlich häufige Erscheinungen. Der Schlaf ist öfters gestört. Es tauchen Gelüste nach pikanten Speisen, ausnahmsweise selbst nach Kalk, Erde und andern ungeniessbaren Dingen auf, oder es besteht eine entschiedene Abneigung gegen gewisse Gerüche, ja selbst gegen Speisen, die sonst gern genossen wurden. Endlich ist die Gemüthsstimmung, im nächsten Zusammenhang mit den genannten Erscheinungen, mehr oder minder verändert, leicht wechselnd, reizbar, launenhaft und überhaupt mehr zu Gefühlen der Unlust, zu Trauer und Schwermuth geneigt; ja sogar die höheren intellectuellen Vermögen erleiden nicht selten eine gewisse Beeinträchtigung.

E. Geburt.

643. Die Erscheinungen im Allgemeinen.

Die den Geburtsakt (579) begleitenden und je nach den Individualitäten, der Geburtsdauer u. s. w. vielfach variirenden, constitutionellen Vorgänge und Symptome zerfallen in folgende Kategorien: 1) Die, verhältnissmässig untergeordneten, mechanischen Wirkungen der vorliegenden Kindestheile auf die Nachbarorgane der Geburtswege. Während der Wehen können Urin und Koth hervorgepresst werden; der Druck auf die grossen Nervenstämme kann Eingeschlafensein, Schmerzen, Zittern und Krämpfe der untern Extremitäten veranlassen. 2) Die Thätigkeiten der auxiliären Muskeln, welche die Contractionen des Uterus begleiten. 3) Die übrigen constitutionellen Erscheinungen. Dieselben sind vorzugsweis von den Wehenschmerzen abhängig und stehen folglich zu denselben in einem durchschnittlichen proportionalen Verhältniss.

Schon vor dem eigentlichen Geburtsakt stellt sich häufig eine Reihe von Symptomen ein, öfterer Harndrang, Ziehen in der Lenden- und Schoossgegend, leichte Vermehrung der Pulsfrequenz, eine gewisse körperliche und geistige Unruhe. Der Fortgang und die Rythmik der constitutionellen Erscheinungen während der Geburt hängen ab: 1) von der Periodicität der Contractionen und Erschlaffungen des Uterus, (während der Wehen findet eine Steigerung, in den wehenfreien Pausen ein Nachlass der begleitenden Symptome, eine verhältnissmässige Ruhe statt); und 2) von der allmäligen Zunahme der Uterusthätigkeit und des sonstigen localen Geburtsvorganges überhaupt. Nachdem dieselbe während der Austreibung des Kindes ihren Höhenpunkt erreicht hat, folgt bald darauf, als nothwendige Wirkung der Erschöpfung, ein bedeutender Nachlass, körperliche und geistige Ruhe, verbunden mit dem Gefühl einer grossen Erleichterung; die ganze Haut kommt in vermehrte Transspiration, Puls und Athemzüge beruhigen sich und es stellt sich häufig ein kurzer aber erquickender Schlaf ein.

644. Specialerscheinungen.

Die wichtigsten constitutionellen Veränderungen im Organismus der Gebärenden sind folgende. Während der Wehen ist die Thätigkeit vieler Muskeln gesteigert; die Gliedmaassen werden unwillkürlich kräftig angestemmt und dadurch festere Unterlagen gewonnen; die Bauchmuskeln (sog. Bauchpresse) kommen in energische Contractionen, welche die pressende Kraft des Uterus einigermaassen unterstützen; der Athem wird nach vorausgegangener tiefer Inspiration angehalten, so dass das Zwerchfell dem Drucke der Bauchmuskeln nicht nachzugeben braucht. Anfangs kann dieses Mitpressen vom Willen noch beherrscht werden, bei den heftigsten Wehen aber erfolgt es unwillkührlich. Die starke Innervation zahlreicher Skeletmuskeln dient auch als Erleichterungsmittel der Schmerzen.

Die Athembewegungen sind hastig, oberflächlich, unregelmässig. Das Athemanhalten stört den Blutlauf, desshalb schwellen während heftiger Wehen die Venen des Antlitzes und Halses an, das Gesicht wird geröthet, die Augen glänzend und prominirend, Thränen treten häufig, Schweiss, namentlich in den obern Körpertheilen, immer hervor.

Im Verlauf der Geburt wird der Puls frequenter, die Resistenz der Arterien nimmt zu, deren Lumen aber ab; nach der Geburt werden die Arterien weicher und die Pulsschläge seltener. Die Pulsfrequenz steigt nach Martin und Mauer während jeder Wehe, erreicht ihr Maximum mit dem Höhepunkt der Wehe und nimmt von da an wieder ab. Das Maximum verhält sich zu dem, der Wehe unmittelbar vorangehenden, Minimum etwa wie 7—9 zu 5—6.

Bei Wehenschwäche hebt sich die Pulsfrequenz nur unbedeutend, in tumultuarischen Wehen aber besonders stark. Die Chloroformnarkose löscht nach Martin den Pulsunterschied zwischen Wehen und Wehenpause aus. Die Erscheinung ist somit auf die Wehenschmerzen vorzugsweis zurückzuführen.

Manche Symptome, wie Zunahme der Körpertemperatur, Uebelkeit, Aufstossen, Brechen, dürften ihre entfernte Veranlassung wiederum in den Schmerzen theilweis haben. Die letzteren führen zu Zittern der Glieder, Wimmern, Schreien. Heftige Wehen können das Antlitz bis zum Unkenntlichen verändern, Sinnestäuschungen und selbst vorübergehendes Irrereden veranlassen. Die Schilderung der eingreifendern pathologischen Steigerungen dieser und anderer Symptome muss hier ausgeschlossen bleiben.

F. Wochenbett und Lactation.

645. Wochenbett.

Während in der Schwangerschaft der Organismus nur allmälig sich verändert, bietet die Puerpera ebenso rasche als tiefgreifende Veränderungen in dem gegenseitigen Verhältniss mehrerer wichtigen Organe und Functionen.

Die im Verlauf des Wochenbettes in den Genitalien selbst vor sich gehenden Processe sind in 580, die Milchsekretion in 581—584 und 646 abgehandelt. Abgesehen von diesen charakteristischen Vorgängen bietet die Wöchnerin folgende constitutionelle Erscheinungen. Die Entleerung des Uterus verursacht eine rasche Volumabnahme des Abdomens, die Bauchwand ist schlaff und die Kraft ihrer Muskeln beeinträchtigt; mit Unrecht aber nahm man eine stärkere Blutzufuhr zu den Abdominalorganen an als nothwendige Folge der Entleerung des Uterus. Dagegen ist die Blutzufuhr zu den Milchdrüsen bedeutend vermehrt. Sogenannte Nachwehen, veranlasst durch Contractionen des Uterus stellen sich, mehrere Tage hindurch, von Zeit zu Zeit ein, besonders beim Anlegen des Kindes und in Solchen, die mehrmals geboren haben.

Die Haut ist einige Tage hindurch in hohem Grade geneigt zur Bildung von Schweiss, welcher einen eigenthümlichen Geruch annimmt. Die während der Schwangerschaft in ihr abgelagerten Pigmente beginnen zu schwinden. Der grössere Blutreichthum und die stark erhöhte Thätigkeit der Haut sind Ursache einer gesteigerten Reizbarkeit derselben und einer grössern Empfindlichkeit des Körpers gegen Kälteeinflüsse. Der Harn ist, schon in Folge der antagonistischen Haut- und Milchsecretion, gemindert. Auch der Stuhlgang ist verzögert, die Esslust hat in den ersten Tagen bedeutend ab-, der Durst dagegen zugenommen. Die Körpertemperatur zeigt eine kleine Zunahme, der Puls ist etwas frequenter. Auch das Nervensystem befindet sich in gesteigerter Erregbarkeit, wie namentlich das nicht sehr seltene Auftreten eigenthümlicher und merkwürdiger pathologischer Zustände in der sensuellen und psychischen Sphäre beweist.

646. Lactation.

Am 3. oder 4. Tage nach der Geburt nimmt die schon eingeleitete Milchbildung rasch zu (582), die Brüste werden gespannt, es stellen sich leichte Stiche oder Schmerzen, in denselben ein; der Puls beschleunigt sich. Wenn

diese Erscheinungen stärker hervortreten, die Achseldrüsen etwas schwellen, die Körpertemperatur zunimmt, subjective Hitze- und Schaudergefühle, Mattigkeit und Appetitlosigkeit sich einstellen, so nennt man diesen Zustand Milchfieber. In der Regel verschwinden die Erscheinungen, die in kräftigern Individuen überhaupt minder ausgeprägt zu sein pflegen, nach 24 Stunden, unter Vermehrung der Perspiration, des Schweisses und der Milchsecretion. Ist die Milchbildung gehörig im Gange, so bedingt der damit verbundene Stoffverlust ein vermehrtes Nahrungsbedürfniss; der Durst, namentlich aber der Appetit, nimmt in gesunden Säugenden bedeutend zu.

Zu lange fortgesetztes Säugen beeinträchtigt, besonders bei schwächlicheren, bei zu jungen oder schon älteren Individuen nicht nur die Gesammternährung, sondern auch die Funktionen des Nervensystems; psychische Reizbarkeit, Neigung zu deprimirenden Gemüthsstimmungen, eine Abnahme des Gedächtnisses und selbst der Urtheilskraft sind unter solchen Umständen nicht seltene Erscheinungen. Consequent durchgeführte Versuche über den Stoffwechsel in säugenden Frauen fehlen.

Stillt die Frau nicht, so kehrt die Menstruation in einigen Wochen zurück. Während der Lactation hört die Menstruation auf; Ausnahmen kommen jedoch, namentlich in vollsaftigen Individuen, dann und wann vor. Tritt die Menstruation nach längerem Säugen wieder ein, so wird die Milch sparsamer, aber die % Menge der Fixa nimmt nicht ab, die Fette und namentlich das Casein vermehren sich sogar während des Monatflusses und zeigen erst nach Aufhören desselben ihre früheren Werthe (Vernois und Becquerel). Stellt sich der Menstrualfluss reichlich ein, so schwindet die Milchsecretion oft rasch. Während des Säugens ist die Frau viel weniger zur Empfängniss geneigt; es gibt übrigens Beispiele von Conception sogar schon wenige Tage nach der Geburt. Die beginnende Schwangerschaft vermindert sogleich die Secretion der Brustdrüsen, die Milch wird mehr colostrumartig und hört bald ganz auf.

G. Schlaf.

647. Allgemeine Charakteristik.

Der Schlaf unterscheidet sich vom Wachsein vorzugsweise durch das Zurücktreten oder selbst eine völlige Suspension der Aeusserungen des Bewusstseins; das Gehirn empfängt weniger Blut (die Schedelfontanellen kleiner Kinder sinken etwas ein, auch nimmt, nach Durham die Injection der Gefässe der Pia mater bei trepanirten Hunden im Schlafe bedeutend ab); die äussern Sinne setzen ihre specifischen Functionen aus; die willkührlichen Bewegungen fehlen und der gesammte Stoffwechsel wird erheblich gemindert. Es gibt zahlreiche, namentlich pathologische Zustände, die einige oder selbst viele Symptome und äussere Charaktere mit dem Schlaf gemein haben; gleichwohl sind dieselben (z. B. Schlafwandel, Delirium, Narcotismus, Ohnmacht, Scheintod), ihrer inneren Natur nach vom normalen Schlaf wesentlich verschieden.

Man unterscheidet den tiefen, ruhigen, in der Regel länger dauernden,

und den leisen, oft auch unruhigen Schlaf. Aehnliche Unterschiede bietet der Schlaf in seinem Verlauf; in den ersten Stunden nämlich ist derselbe am tiefsten und weil die Energie der Functionen am Meisten abgenommen hat, auch vorzugsweis erquickend; später nimmt der Schlaf an Intensität, und damit auch das weitere Schlafbedürfniss, allmälig ab. Die Dauer und Tiefe des Schlafes hängt, abgesehen von zahlreichen Einflüssen der Lebensweise, der namentlich auch hier besonders grossen Macht der Gewohnheit, sowie nicht näher gekannten individuellen Verhältnissen, ganz besonders vom Lebensalter ab.

Messungen der Tiefe des Schlafes unter verschiedenen physiologischen und pathologischen Bedingungen, sowie in den einzelnen Stadien des Zustandes fehlen noch. Kohlschütter schlägt die Schallstärke, die nöthig ist, um den Schläfer zu wecken, zu solchen Messungen vor.

648. Einschlafen.

Der Uebergang in den Schlaf erfolgt bei der grossen Mehrzahl der Menschen sehr viel langsamer als das Aufhören desselben. Man fühlt sich müde, das Auge verliert seinen Glanz, seine Befeuchtung nimmt ab, die Gesichtszüge erschlaffen, der Kopf wird nicht mehr gehörig getragen, bestimmte Muskeln veranlassen specifische Gefühle, so namentlich der seine Wirkung versagende Heber des oberen Augenlides und wohl auch andere äussere Augenmuskeln. Die Theilnahme für die Umgebung nimmt ab, die sinnlichen Eindrücke werden wenig beachtet und die Vorstellungen zunehmend schwächer, zusammenhangloser, traumhafter. Die Wärmeerzeugung und die Empfindlichkeit der Cutis für Temperaturen sinken, der Druck der Umgebungen wird nicht mehr gehörig empfunden, wir glauben oft mehr auf der Unterlage zu schweben als auf derselben zu lasten. Das Bewusstsein der Lage unserer Glieder ist auffallend beeinträchtigt, wodurch eine Reihe eigenthümlicher Erscheinungen bedingt wird, wir fühlen z. B. unseren Körper viel zu lang, oder einzelne Extremitäten gar nicht u. dergl. Verhältnissmässig am Längsten bewahrt das Gehör beim Einschlafen seine Integrität.

649. Erwachen.

Das Erwachen geschieht verhältnissmässig am schwersten während der ersten Stunden des Schlafes und ist dann häufig von Schwere des Kopfes, Müdigkeit und andern lästigen Gemeingefühlen, verdriesslicher Stimmung, Unfähigkeit zu anhaltendem Denken, Empfindlichkeit der Sinne, namentlich des Auges begleitet. Diese Erscheinungen stellen sich um so stärker ein, je grösser das Restitutionsbedürfniss des Körpers ist. Dagegen hat sich der nach dem normalen Ablauf des Schlafes Erwachte vollkommen erholt; trotz längeren Fastens greifen keine stärkeren Hungergefühle ein, die Sinne sind geschärft und ihre Erregungen angenehm, die Aufmerksamkeit ist gesteigert; der Gesammtzustand des Körpers, vorzugsweis der Muskeln, bedingt manchfaltige Gefühle von Wohlbehagen, man ist zu jeder körperlichen wie geistigen Anstrengung neu gekräftigt. Diese Wirkungen bleiben aber nach einem zu langen, das individuelle Bedürfniss übersteigenden Schlafe in der Regel aus.

Der Schlaf wird in seinem späteren Verlauf immer weniger fest, die Sinne werden empfindlicher, die psychischen Regungen der Träume lebhafter und deren Imperium über den Körper zunehmend grösser, die Muskeln sind weniger ruhig; mit einem Wort, der ganze Organismus nähert sich allmälig den Verhältnissen, die das Wachen charakterisiren; er kommt in einen Halbschlaf, in welchem der Verkehr mit der Aussenwelt nach und nach wieder angeknüpft wird, so dass das Erwachen in Folge der geringfügigsten äussern oder innern Veranlassungen eintritt. Die Functionen, namentlich die vegetativen, bieten sogleich nach Beendigung des normalen Schlafes eine auffallende Steigerung ihrer Thätigkeit; diese für den erwachten Organismus ganz charakteristische (auch bei dem Erwachen aus dem Winterschlaf bemerkte) Erscheinung macht jedoch nach $^1/_4$—$^1/_2$ Stunde einem ruhigeren Ablauf der Processe Platz.

650. Ursachen des Schlafes.

Eine physiologische Theorie des Schlafes, d. h. die Darlegung nicht bloss der allgemeinen Nothwendigkeit einer periodischen Minderung oder theilweisen Suspension der physischen und psychischen Thätigkeiten, sondern der bestimmten Gestaltungen, welche die Functionen des Schlafenden nach Quantität und Qualität zeigen, ist unmöglich. Der Schlaf bietet überhaupt in der Thierwelt die grössten Verschiedenheiten; so sind z. B. schon in den beiden untern Wirbelthierklassen die Perioden des Schlafes und Wachens weniger scharf geschieden. Thiere, welche stehend schlafen, sind schon dadurch dem Zustand des Wachens näher gerückt und zeigen, wie viele Vögel, einen leisen Schlaf.

Zu den Einschläferungsmitteln gehören geistige und körperliche Ermüdung, Minderung der äusseren Sinnesreize oder fortgesetzte monotone Einwirkung solcher (z. B. einförmige Geräusche), Kälte, starke Mahlzeiten, namentlich auch Spirituosa und gewisse Schlafmittel der Therapeuten. Die Weckungsmittel zerfallen wiederum in innere und äussere. Zu den ersteren gehören namentlich 1) Traumvorstellungen (sehr lebhafte Träume können uns selbst aus tiefem Schlaf wecken), 2) Gemeingefühle, z. B. durch stärkere Ansammlungen im Mastdarm oder der Blase und die dadurch bedingten Sphinctercontractionen; die Gefühle bei der Ejaculatio seminis; Schmerzen u. s. w. und 3) wohl auch plötzliche Veränderungen gewisser dem vegetativen Leben dienenden Bewegungen (Herz- und Athembewegungen). Als äussere Weckungsmittel dienen die Sinnesreize, namentlich Schall, helles Licht und Erregungen der Cutis. Starke Minderung oder völliges Aufhören gewohnter Reize können ebenfalls erwecken (s. 655).

Alle diese Ursachen wirken aber bloss mehr oder weniger begünstigend auf das Zustandekommen oder Aufhören des Schlafes und geben so wenig, wie die den Schlaf verhindernden Einflüsse (heftige Sinneseindrücke, Schmerzen, psychische Aufregung, gewisse Mittel wie Caffee, Thee u. dergl.) über die inneren Vorgänge selbst Aufschluss.

Der Nachtschlaf stärkt, wie die populäre Erfahrung weiss, mehr als der Tagschlaf; in ersterem ist die Puls- und Athemfrequenz und überhaupt der ganze Stoffwechsel viel geringer, der Schlaf also intenser und die Restauration vollständiger als im Tagschlaf. Am meisten begünstigt sind die Stunden vor Mitternacht, desshalb kräftigt frühes Schlafengehen auch mehr als der Morgenschlaf, in welchem die Funktionen wieder an Energie gewinnen.

651. Blutlauf und Athmen.

Die Pulsfrequenz des schlafenden Erwachsenen sinkt um etwa 3 bis selbst 10 Schläge. Ein Durchschnittswerth ist vorerst noch nicht anzugeben; die Vergleichung sollte übrigens nur mit der horizontalen Lage des Wachenden angestellt werden. Der Grad der Abnahme wird namentlich bedingt durch die Tiefe des Schlafes und die Lebensalter; in Kindern ist der Einfluss des Schlafes am stärksten, aber auch im Greis wird die Pulsfrequenz namhaft gemindert. Ausserdem wird der Puls kleiner und die Spannung der Arterien (Blutdruck) geringer; die Kreislaufszeit nimmt zu, was wiederum zur Folge hat, dass das venöse System im Gegensatz zum arteriellen verhältnissmässig noch mehr als im wachenden Zustand gefüllt ist. Unmittelbar nach dem Erwachen nehmen die Herzschläge vorübergehend an Frequenz und Ausgiebigkeit bedeutend zu.

Die Athemzüge sind seltener (das Verhältniss zum Wachen ist mindestens etwa 3 : 4) und, vollständige Freiheit der Thorax und Abdomens und Abhaltung jedes äussern Druckes vorausgesetzt, oberflächlicher. Die Pausen zwischen den einzelnen Athembewegungen sind oft lang, wie überhaupt die Athemzüge unregelmässiger auf einander folgen. Die Diffusion der Kohlensäure ist erheblich gemindert und die langsam ventilirte Ausathmungsluft ohne Zweifel sehr reich an % Kohlensäure. Eine gewisse Venosität wurde dem Blut des Schlafenden von jeher zugeschrieben. Die absolute Kohlensäuremenge ist nach Scharling etwa um ¼ und noch mehr gesunken gegenüber dem wachenden ruhigen Zustand (Lehmann erhielt an Tauben eine Minderung von ⅙); wahrscheinlich wird aber im Verhältniss zur Kohlensäure mehr Sauerstoff als gewöhnlich aufgenommen. Beim Wachen während der Nacht nimmt die % Kohlensäure der Ausathmungsluft nur wenig ab. Während des Schlafes sammelt sich nicht selten etwas Schleim auf der Respirationsmucosa an, der nach dem Erwachen durch Räuspern entleert wird. Die Athemzüge nach dem Erwachen werden frequent und tief, die Kohlensäure-Ausscheidung nimmt beträchtlich zu (Prout, Vierordt). Diese Erscheinung hält etwa ½ Stunde an, sodass sie nicht entfernt von der während des Schlafes im Körper angesammelten Kohlensäure abgeleitet werden kann.

652. Harnbildung.

Die Nieren sondern im Schlaf erheblich weniger feste Bestandtheile überhaupt, und Harnstoff, Chlornatrium und Sulphate insbesondere aus, als in gleichen Zeiten während des Wachens. Besonders stark (etwa um die Hälfte oder noch mehr) ist aber die Urinmenge gemindert, sodass der Nachtharn ein viel grösseres specifisches Gewicht, eine stärkere Färbung und acidere Reaktion zeigt als der

Tagharn. Die Phosphorsäure bietet auffallende Erscheinungen; ihre Secretion ist in Einzelnen absolut grösser als am Tag (Kaupp u. Andere), oder die Werthe einer Tag- und Nachtstunde sind ungefähr gleich (Sick), oder, wenn sie auch Nachts abnimmt, so geschieht das doch lange nicht in dem Grade, wie bei den übrigen Salzen. Ueber die Harnsäure fehlen umfassende direkte Erfahrungen; vielleicht gehorcht sie derselben Norm wie die Phosphorsäure (681).

Kaupp theilte bei regelmässigster Lebensweise den Urin in zwei gleiche 12stündige Perioden (der Nachtharn begann um 6 Uhr Abends, Zeit des Schlafengehens war 11 Uhr) und erhielt folgende Grammwerthe.

	Tag	Nacht	Nachtharn in % des Tagharnes.
Harnvolum (C. C. M.)	889	467	52,5 %
Fixa überhaupt	42,74	28,35	66,3
Harnstoff	18,33	14,08	76,8
Chlornatrium	12,05	4,99	41,4
Phosphorsäure	1,72	2,08	120,7
Schwefelsäure	1,03	(0,34)	(34,0)
Harnsäure	0,22	(0,30)	(136,0)

Sick erhielt in 17 Tagesstunden eine durchschnittliche Harnmenge von 2351 C. C. M.; für 7 Schlafstunden 423; also stündliche Werthe von 138 und 60. Es versteht sich, dass Lebensweise, Diät, Dauer und Vertheilung der Schlafzeit, individuelle Verhältnisse u. s. w. auf den Nachtharn von eingreifendem Einfluss sind.

653. Gesammtstoffwechsel.

Der Stoffwechsel ist während des Schlafes in nahezu allen seinen Einzelerscheinungen gesunken und zwar wahrscheinlich so, dass dieselben die, ihnen überhaupt mögliche, relativ grösste Proportionalität bieten. Ist unsere Vermuthung richtig, so charakterisirt sich der wachende Zustand von vegetativer Seite durch eine gewisse Disharmonie und Veränderlichkeit der Funktionen, durch ein auffallendes Vorwiegen bald dieser, bald jener Thätigkeit; er würde also — wie man sich auch schon ausgedrückt hat — gewissermaassen einen erzwungenen Zustand darstellen. Die grössere Harmonie der einzelnen Phasen des Stoffwechsels dürfte ein wichtiges Bedingungsglied der restaurirenden Wirkungen des Schlafes abgeben.

Alle Se- und Excretionen sind gemindert; die Verdauung und Aufsaugung erfolgen entschieden langsamer. Die organischen Wärmequellen haben abgenommen, daher das grössere Bedürfniss nach Schutz gegen Abkühlung und die leichtere Geneigtheit des Körpers zu Erkältungen. Die Temperatur sinkt im Verlauf des Schlafes um etwa $^3/_4$ bis selbst 1 Grad C. unter ihren Maximalwerth während des Wachens. Die sog. unmerklichen Gewichtsverluste verhalten sich im schlafenden und wenig angestrengten wachenden Körper in gleichen Zeiten durchschnittlich etwa wie 1 zu 1,4. Nach dem Erwachen steigt die Temperatur ziemlich schnell; desgleichen findet eine auffallende, jedoch bald vorübergehende Steigerung des unmerklichen Körperverlustes statt (Volz).

654. Muskelthätigkeiten.

Die in dem vegetativen Leben dienenden Bewegungen dauern während des Schlafes in gemindertem Grade fort. Ausser den in 651 erwähnten ist namentlich auch die Peristaltik des Nahrungsschlauches erheblich verlangsamt. Die dem Willen unterworfenen Muskeln sind um so regungsloser, je tiefer der Schlaf ist. Die Rückenlage gestattet die grösste relative Ruhe, während die Seitenlage die Muskeln schon etwas mehr in Anspruch nimmt. Die Extremitäten befinden sich in mässiger Flexion, das Gesicht ist ruhig und verhältnissmässig ausdruckslos; nur die Thätigkeiten mancher Schliessmuskeln werden unter Umständen stärker in Anspruch genommen. Reflexbewegungen kommen häufig vor. Der leisere Schlaf, namentlich aber lebhafte Träume sind von einzelnen Bewegungen der Extremitäten sowie von Veränderungen der Gesichtszüge begleitet; im starken Affekt kann der Träumende sich aufrichten und sogar das Bett verlassen. Die Zustände der Muskulatur geben zu dunkelen Gemeingefühlen Anlass; der Schlafende wechselt die Lage seiner Glieder, wenn sie auf die Dauer unbequem wird, die durch Völle der Harnblase bedingten Muskelgefühle führen zum Aufwachen u. s. w.

655. Sinnesempfindungen.

Die Receptivität der äusseren Sinne nimmt in hohem Grade ab, doch ist der Verkehr derselben mit der Aussenwelt nicht vollständig aufgehoben. Der Schlafende reagirt auf Reize von einer gewissen Stärke oder von fortgesetzter Einwirkung und erwacht sogar, wenn gewohnte Eindrücke aufhören. Das Stillstehen der Uhr, das Erlöschen der Nachtlampe, wirken erweckend, das Stehenbleiben des Wagens stört den Schlaf des Fahrenden. Der Tastsinn, vor allem aber das Gehör, bewahren ihre Reizempfänglichkeit verhältnissmässig am meisten. Das getrübte Bewusstsein verhindert übrigens die richtige Auffassung der Sinnesreize, so dass die Eindrücke, die der Schlafende von aussen empfängt, immer nur unvollkommen sind und höchstens die Richtungen der Träume im Allgemeinen zu bestimmen vermögen. Die Behauptung, dass man durch Sprechen in das Ohr von Schlafenden die Gedanken derselben ganz bestimmten Gegenständen zulenken könne, mag höchstens für seltene Ausnahmsfälle einigermaassen begründet sein. Der Augapfel verharrt ruhig und ist nach oben und einwärts gerichtet, doch kann auch eine gerade Stellung der Augenaxen in einzelnen Fällen vorkommen. Die Pupille zeigt eine mässige Verkleinerung (Fontana). Die Thränen- und Bindehautsecretion nimmt bedeutend ab; der Augenlidverschluss trägt übrigens zur Forterhaltung der normalen Augenbefeuchtung bei. Verhältnissmässig zahlreicher als die äusseren Empfindungen sind die Gemeingefühle im Schlaf. Dieselben können sogar einen hohen Grad von Deutlichkeit gewinnen, z. B. manche Muskelgefühle, Schmerzen, das Gefühl der Athemnoth, die mit Pollutionen verbundenen Empfindungen u. s. w.

656. Psychische Thätigkeiten überhaupt.

Die psychischen Thätigkeiten im Schlafe äussern sich als Traum. Derselbe zeigt folgende Hauptcharaktere: 1) Er stellt sich immer nur unwillkürlich ein. 2) Er ist mit der Illusion verknüpft, dass wir Dinge unserer Einbildung für Wirklichkeiten halten. 3) Das Bewusstsein ist niemals ganz freithätig, in der Regel sogar in hohem Grade gehemmt. 4) Die Erinnerung an die gehabten Träume ist meistens nur sehr unvollständig und die Schätzung ihrer zeitlichen Dauer geradezu unmöglich. — Aus diesen Gründen stehen die psychischen Thätigkeiten an Intensität, Klarheit und Bestimmtheit fast ausnahmslos ausserordentlich zurück hinter ihren analogen Leistungen in dem, vom vollen Bewusstsein begleiteten wachenden Zustand. Länger fortgesetzte Träume von wohl motivirtem, pragmatischem Zusammenhang der Vorstellungen gehören zu den Seltenheiten und die meisten Erzählungen von angeblich reellen oder gar originellen psychischen Leistungen im Traum sind mit grösster Vorsicht aufzunehmen. In der Regel bringen wir die Vorstellungen ganz oder doch theilweis in unrichtige, selbst völlig abentheuerliche Relationen unter sich, wir begehen die albernsten und auffallendsten Handlungen und legen selbst die objektiven Empfindungen oder Gemeingefühle meistens falsch aus oder verändern dieselben phantastisch.

Vielfach wurde gestritten, ob die psychischen Thätigkeiten im Schlaf gänzlich aufhören können. Für eine ununterbrochene Fortdauer derselben glaubte man anführen zu dürfen z. B. das Vermögen Mancher, zu einer bestimmten, ernstlich vorgesetzten Zeit aufzuwachen; ferner den leisen Schlaf des Furchtsamen oder der Mutter, die ihres Kindes wartet. Diese und andere Beispiele beziehen sich aber nicht auf die intensiven Formen, denn der Schlafende ging zu Bett mit einem ihn lebhaft beschäftigenden, keinen tiefen Schlaf zulassenden Gedanken. Es sind übrigens auch hier, mit Burdach und Purkinje, von den Zuständen der freien Thätigkeit diejenigen der latenten, gebundenen zu unterscheiden, in welcher die Seelenkräfte nicht in den gewöhnlichen, unserem Bewusstsein allein zugänglichen Formen wirksam werden.

657. Sinnliche Vorstellungen.

Träume ganz abstrakten Inhalts giebt es nicht und es mischen sich immer sinnliche Vorstellungen ein; viele Träume sind sogar ausgezeichnet durch die Stärke und phantastische Lebhaftigkeit der sie begleitenden sinnlichen Vorstellungen. Wie im Wachen, so sind auch hier die Vorstellungen des Seh- und Hörsinnes bei Weitem die bevorzugtesten und deutlichsten; man sieht bizarre Gestalten, prächtige Farben, hört schöne Melodien, verschiedene Stimmen, Wechselreden der Traumgestalten u. dgl. Auch auf den Tastsinn beziehen sich nicht wenige Vorstellungen; selten aber und undeutlich sind solche des Geruchs, am seltesten die des Geschmacks. Erblindete, die nicht zu frühe erkrankt sind, träumen immer noch von lebhaften Farben und Gestalten, also mit der Täuschung, als

sähen sie dieselben; ihre Traumgestalten sollen sich nur auf solche Objekte beziehen, die ihnen bereits bekannt waren, als sie noch sehen konnten.

Die Beziehungen der träumenden Seele zu den Gemeingefühlen sind wechselseitige. Einestheils gesellen sich zu Traumvorstellungen die gewöhnlichen somatischen Folgen der betreffenden Seelenzustände; schreckhafte Träume z. B. beengen den Athem oder bringen die Athembewegungen und vielleicht secundär auch die Herzbewegungen, sogar zum vorübergehenden Stocken, wodurch die bekannten Schmerzgefühle des Alpdrückens veranlasst werden. Andererseits lösen aber auch Gemeingefühle mehr oder weniger entsprechende Träume aus; die Verlangsamung oder momentane Suspension der Athembewegungen z. B. führt wiederum zu den Erscheinungen des Alpdrückens; das Gefühl der Athemnoth verbleibt nicht als solches, sondern verbindet sich mit der Traumvorstellung eines äusseren Druckes, eines auf dem Brustkorb lastenden Thieres, oder einer grossen, die Herz- und Athembewegungen hemmenden Gefahr.

H. Geistesthätigkeiten.

658. Ungehemmtes Denken.

Man unterscheidet das unwillkürliche oder eine verhältnissmässig nur geringe Willensanstrengung veraussetzende Denken, im Gegensatz zu den in hohem Grade willkürlichen Formen: dem eigentlichen Nachdenken. Die Operationen der ersten Art werden angeregt durch sinnliche Eindrücke, deren Wechsel man sich einfach hingiebt, oder durch Vorstellungen, wie sie der gewöhnliche Gedankenfluss, eine halb unwillkürliche Ideenassociation mit sich bringen. Beim eigentlichen Nachdenken dagegen gilt es, einen Gegenstand beharrlich zu verfolgen, sich zu sammeln, die Aufmerksamkeit strenge zu concentriren. Diess ist im vollen Umfang nur möglich einestheils unter gewissen äusseren Nebenbedingungen: Stille der Umgebung, Abhaltung heftiger Reize u. dergl., anderntheils unter der Voraussetzung bestimmter körperlicher Zustände, namentlich einer relativen Ruhe und Harmonie der organischen Funktionen selbst. Alle intensen Steigerungen des Stoffwechsels, oder das dominirende Hervortreten bestimmter Funktionen, z. B. angestrengte Verdauungsthätigkeit oder Muskelarbeit, wirken mehr oder weniger hemmend auf das eindringliche Denken. Viele somatische Erscheinungen, welche das letztere begleiten, z. B. die Seltenheit der Herz- und Athembewegungen, das geringere Respirationsbedürfniss u. s. w. sind somit Folgen der Ruhe der Körperfunktionen, des Zurücktretens der Sinnesreize, des Mangels an stärkeren Erregungen des Organismus von aussen her, durchaus aber nicht physiologische Wirkungen des Denkprocesses als solchen. In Folge der auf ein Bestimmtes concentrirten Aufmerksamkeit können mancherlei Sinnesempfindungen, ja selbst Gemeingefühle, wie Hunger und Durst, ausfallen und überhaupt periodische Erscheinungen, z. B. Schlaf, oder bestimmte individuelle Gewohnheiten, vorübergehend zurückgedrängt werden. Der Stoffwechsel wird somit

durch das Nachdenken, wenigstens in der grossen Majorität seiner Einzelphasen (vielleicht in allen) gemindert; eine passende Einrichtung der Lebensweise aber, der gehörige Wechsel zwischen geistiger und körperlicher Arbeit und die Vermeidung schwerverdaulicher Kost, kann jene Wirkungen erfahrungsgemäss ausgleichen und eine kräftige Körperkonstitution mit guter Verdauung und normalem Appetite anhaltend bewahren. Dazu kommt noch, dass die mit dem ungehemmten Denken sich so gerne verbindenden psychischen Gefühle der Lust, der Befriedigung u. s. w. sammt ihren früher geschilderten somatischen Wirkungen, dem Organismus zum Vortheil gereichen, wie denn überhaupt der richtige Wechsel und die gehörige Mannigfaltigkeit der Thätigkeiten, der geistigen wie körperlichen, als ein Hauptmittel der Diätetik bezeichnet werden muss.

Unterbrechen wir das anhaltende Nachdenken, so folgen unmittelbar tiefere und häufigere Athemzüge; die Lungen waren also vorher mit einem geringeren Luftvolum von höherem $^0/_0$ Kohlensäuregehalt gefüllt. Der frühere Modus des Athmens würde jetzt nicht mehr genügen und zu Athemnoth führen; der respiratorische Gaswechsel war demnach während des Nachdenkens offenbar herabgesetzt.

659. Gehemmtes Denken.

Stösst der Fluss der Gedanken auf namhafte Hindernisse, so bleiben somatische Wirkungen niemals aus; es treten mindestens bestimmte mimische Bewegungen des Gesichtes, der Arme u. s. w. auf, als fast regelmässige Begleiter entweder der intenseren und schwierigeren Vorstellungen (550) oder der nunmehr gerne sich einstellenden Gefühle von Unlust, Nichtbefriedigung, Verdriesslichkeit u. s. w. Die Wirkungen auf den Gesammtorganismus werden aber sehr gesteigert, wenn das Nachdenken unter fortgesetzten Hemmnissen von Statten gehen soll. Hieher gehören: 1) individuelle Zustände, ausgeprägte Gemüthsstimmungen excitirender sowohl als ganz besonders deprimirender Natur, Neigung zum Schlaf, grosse Müdigkeit des Körpers, Schmerzen, viele Krankheiten u. s. w. 2) Anhaltend fortwirkende äussere Reize, von deren, den Gedankengang störenden, Perception nur mittelst einer gewissen Willensanstrengung abstrahirt werden kann. Ganz besonders aber 3) die im Verlaufe des Nachdenkens allmälig sich einstellende geistige Ermüdung. Eingenommenheit des Kopfes oder förmliche Kopfschmerzen sind die nächsten Folgen; dieselben hängen wohl ab von der veränderten Blutcirculation durch das Gehirn und von der Ermüdung der in Anspruch genommenen Stirn- und Augenmuskulatur (469). Die den Zustand begleitenden Unlustgefühle veranlassen veränderten Modus des Athmens, erhöhte Pulsfrequenz, leichte Steigerung der Körpertemperatur (J. Davy), namentlich aber auch eine Reihe von Nachwirkungen, wie Müdigkeit, gehemmter Schlaf, geminderte Verdauung u. s. w.

Werden die diätetischen Regeln vernachlässigt, oder bestehen gewisse individuelle Dispositionen, so leidet der Körper allmälig mehr oder weniger bei einer derartigen Lebensweise; Appetit, Verdauungsthätigkeit, Muskelkraft und Körpergewicht werden gemindert, das Blut wird ärmer an festen Bestandtheilen, das

Aussehen schlecht, und die Sinne, wie das Nervensystem überhaupt, verfallen in Zustände einer erhöhten, die Gefühle vollkommener Euphorie fast ausschliessenden, Reizbarkeit.

Wenn irgendwo, so sind bei diesen Fragen die Versuche unter sorgfältigster Berücksichtigung aller möglichen Nebeneinflüsse anzustellen; es fehlt aber noch sehr an tauglichen Beobachtungen über die somatischen Erscheinungen, welche das anhaltende Denken begleiten oder demselben nachfolgen. Dieser Experimentator lässt ein angestrengtes Studium auf starke Muskelanstrengung folgen; jener spricht von der Gestaltung seiner Funktionen während des Nachtstudiums, ohne Angaben zu machen über die Wirkungen seines Schlafes oder des einfachen Ausserbettbleibens ohne gleichzeitige geistige Anstrengungen. Von einer Vergleichbarkeit, geschweige denn einer Deutung der betreffenden Angaben kann vorerst keine Rede sein.

XXX. Körperzustände bedingt durch atmosphärische Einflüsse.

A. Lufttemperatur.

660. Vorbemerkungen.

Die Temperatur übt die mannigfaltigsten und tiefgreifendsten Einflüsse aus auf die gesammte organische Welt. Auch der menschliche Körper ist ihren Einwirkungen in hohem Grade zugänglich, zeigt aber auf der andern Seite ein grosses Accommodationsvermögen, welches ihn befähigt, in der kalten Zone wie in den Tropenländern die Integrität seiner Funktionen zu bewahren und selbst Temperaturextreme zu ertragen, welche die Körperwärme beträchtlich übertreffen, oder auf 40—50° unter den Gefrierpunkt sinken. In 271 wurden die nächsten Beziehungen der Lufttemperatur zur Intensität des Stoffwechsels und der Wärmeproduktion in den, physiologisch so sehr verschiedenen gleichwarmen und wechselwarmen Thieren betrachtet. Niedere Temperatur steigert, höhere mindert den Gesammtstoffwechsel der Gleichwarmen. Dasselbe gilt von den Einzelthätigkeiten, und nur wenige Organe, namentlich die Haut und deren Anhängsel, machen eine Ausnahme von der allgemeinen Regel.

Man muss bei der Temperatur wie bei den übrigen atmosphärischen Einflüssen die anhaltenden und allmälig, z. B. in den Jahreszeiten, sich geltend machenden Wirkungen u. s. w. wohl unterscheiden von den bloss vorübergehenden und plötzlichen Wirkungen. Wird gar der Organismus in künstlichen Versuchen extremen Graden der Temperatur, des Luftdruckes u. s. w. ausgesetzt, so treten zum Theil ganz anomale Erscheinungen auf, welche auf die, uns besonders interessirenden, gewöhnlichen Wirkungen jener Einflüsse keine sichern Rückschlüsse erlauben.

661. Allgemeine Bedeckungen.

Keine organische Thätigkeit ist so direkt und in so hohem Grade abhängig von der Lufttemperatur als die Hautfunktion. Die Wärme vermehrt, die Kälte

dagegen mindert die Thätigkeiten der allgemeinen Bedeckungen, welche überhaupt grössere Funktionsschwankungen in Folge von Temperatureinflüssen bieten als die Mehrzahl der übrigen Organe.

In der Kälte fliesst wenig Blut durch die, in der Regel blasse Cutis, deren Temperatur mehr oder weniger gesunken ist. Die Gefässe der Cutis sind verengt, die ruhende Wandschicht der Capillaren hat relativ bedeutend zugenommen und damit der Widerstand, den der Blutstrom zu bewältigen hat (Poiseuille). In Folge des Hervortretens der Haarbälge bekommt die Haut eine gewisse Rauhigkeit. Die Perspiration und namentlich die Neigung zur Schweissbildung ist bedeutend gesunken, an nackten Körperstellen ist Schweiss sogar unmöglich.

In der Wärme dagegen ist die Haut blutreicher, ausgedehnt, weicher, glätter; oft auch etwas dunkeler pigmentirt; die sensorischen Thätigkeiten der Haut sind erhöht; der perspiratorische Gaswechsel nimmt bedeutend zu, Schweiss tritt häufig und in grosser Menge ein. Die Secretion des Hauttalges ist viel stärker; alle Epidermoidalgebilde zeigen ein intensiveres Wachsthum.

Nach Berthold wachsen die Nägel im Sommer etwa um ein Drittel schneller als im Winter; Moleschott bekam geringere Unterschiede; um 11 Millim. weiter zu wachsen brauchte der Nagel im Winter 102, im Sommer 88 Tage.

Genauere Messungen der Perspirationsgrösse, namentlich über die hier vor Allem in's Gewicht fallende Wasserabgabe der Cutis fehlen. Die älterern Angaben über die Stärke der sog. Perspiratio insensibilis in den verschiedenen Jahreszeiten u. s. w. können nicht als zuverlässig gelten.

662. Blutlauf und Athmen.

Im Winter ist die relative Füllung des Arteriensystems, sowie (nach J. Davy und Nasse) der Farbeunterschied zwischen dem arteriellen und venösen Blut grösser als im Sommer, auch dürfte in ersterem die proportionale Blutmenge, der Fibringehalt und die Summe der festen Bestandtheile des Blutes eine gewisse Zunahme erfahren. Thiere, die Magendie in hohen Temperaturen allmälig zu Grunde gehen liess, zeigten einen geringen Fibringehalt des Blutes. Die mittlere Pulsfrequenz ist im Winter kaum etwas höher als im Sommer, die Ausgiebigkeit der Herzcontractionen und somit die in der Zeiteinheit umgetriebene Blutmasse wird dagegen in der kalten Jahreszeit etwas grösser sein.

Viel eingreifender sind die Temperaturwirkungen auf die Respiration. Die Bewohner nördlicher Länder zeigen einen entwickelteren Thorax; im Winter ist der Blutvorrath der Lungen wahrscheinlich erheblich grösser. Mit zunehmender Kälte vermehren sich die Zahl und Tiefe der Athembewegungen, der Kohlensäuregehalt der ausgeathmeten Luft, also auch das geathmete Luftvolumen und die absolute Kohlensäuremenge (Vierordt); ferner die Sauerstoffabsorption (Lavoisier und Seguin). Directe Bestimmungen der Wassergasmengen, welche beim Athmen in der kalten und warmen Jahreszeit abgegeben werden, fehlen. Geht man von den durchschnittlichen Feuchtigkeitsgraden aus, welche den verschiedenen Temperaturen der Atmosphäre entsprechen, sowie von der annähernd gerechtfertigten Annahme, dass die Ausathmungsluft in der kalten wie warmen

Atmosphäre auf 37° C. temperirt und mit Wassergas gesättigt sei, so kommt man zum Resultat, dass in der Wärme weniger Wasser im Respirationsapparat abdunstet, als in der Kälte.

Der Einfluss der Temperatur ist selbst bei einer mit vorwiegendem Aufenthalt im Zimmer verbundenen Lebensweise noch sehr deutlich. Theilte Vierordt seine Einzelbeobachtungen in 2 Temperaturrubriken, so ergaben sich folgende Werthe:

		8°,37 C.	19°,40 C.	Differenzen
in 1 Minute	Pulsschläge	72,93	71,29	1,64
in 1 Minute	Athemzüge	12,16	11,57	0,59
in Cub. Cent. M.	Volum einer Exspiration	548,0	520,8	27,2
in Cub. Cent. M.	Exspirirte Luft in 1 Minute	6672	6016	656
in Cub. Cent. M.	Exspirirte Kohlensäure in 1 Minute	299,3	257,8	41,5
	% Kohlensäure	4,48	4,28	0,2

Dass vorübergehende oder gar plötzliche Einwirkungen von Kälte und Wärme theilweis von den oben geschilderten abweichende Erscheinungen bedingen, kann nicht auffallen. Vorübergehende höhere Wärmegrade veranlassen ein mässiges Gefühl von Athemnoth, Herzklopfen, Erhöhung der Puls- und Athemfrequenz; aber auch der schnelle Uebergang in kalte Luft macht die Athemzüge beschwerlich, frequenter, unregelmässig und vermehrt die Zahl der Herzschläge.

663. Verdauung und Ernährung.

Appetit, Verdauung und Resorption sind gesteigert in der Kälte; wir verdauen im Winter schneller und vollständiger; reichliche Mahlzeiten, grössere Mengen genossener Fette und Eiweisskörper, überhaupt schwerer dauliche Substanzen werden mit geringeren Beschwerden bewältigt als im Sommer. In diesem haben wir, ausser gesteigertem Durst, ein instinktmässiges Verlangen nach leichterer, minder nahrhafter Kost. In der kalten Jahreszeit ist der Körper fettreicher und nach Sanctorius schwerer (etwa um 2—3 Pfunde). Nach Barral verhielten sich bei einem erwachsenen Manne die 24stündigen Einnahmen und Ausgaben (in Grammen) folgendermaassen:

	Einnahmen.			Ausgaben.			
	Feste und flüssige Nahrung	Atmosphärischer Sauerstoff	Totalsumme	Wasser der Respiration und Cutis	Kohlensäure	Fäces und Urin	Andere Verluste
Winter	2755,0	1061,5	3816,5	1287,5	1230,9	1265,0	32,8
Sommer	2386,0	777,3	3163,3	1141,6	888,4	1099,4	33,9

Aus der Häufigkeit der Milz- und Leberleiden in den Tropenländern, sowie im Sommer, hat man schon oft auf Steigerung der Milzfunktionen und der Gallenbereitung in der Wärme geschlossen. Diese Thatsachen sind aber zu vieldeutig; direkte physiologische Versuche fehlen noch.

664. Harn.

Mit zunehmender Luftwärme sinkt die Harnmenge bedeutend und der Urin wird — jedoch nicht im Verhältniss zur Volumminderung — concentrirter. Gewöhnlich compensirt aber das reichlichere Wassertrinken das Deficit des Harnvolums wenigstens theilweis. Dass der gesteigerte Stoffwechsel im Winter die absoluten Mengen der festen Harnbestandtheile erhöht, versteht sich von selbst; zuverlässige Mittelwerthe der Bestandtheile des Winter- und Sommerharnes, ent-

sprechend der Verschiedenheit der Nahrungsweise in beiden Jahreszeiten, fehlen noch. Die Wirkungen der Lufttemperatur auf die Menge und sonstige Beschaffenheit des Harnes treten reiner hervor in längeren Versuchsreihen mit Tag für Tag gleicher Nahrung und sonstiger Lebensweise; Kaupp erhielt alsdann für ein Steigen der Luftwärme um 1° R. (vorausgesetzt dass die Temperaturextreme ausgeschlossen bleiben) eine Minderung 1) des Harnvolumens um etwa 3% (Sick kam auf einen Werth von 3,4%), 2) des Harnstoffes um 1/8 %, 3) des Chlornatriums um 3/4 %, 4) der Summe der übrigen Harnbestandtheile um 2%. Nach Sick nimmt die Phosphorsäure und nach Parkes die Schwefelsäure bei höheren Lufttemperaturen nicht ab.

Sick erhielt im Sommer bei einer mittleren Tagestemperatur von 15°,6 R. ein durchschnittliches Harnvolum von 2785, bei 12°,0 dagegen von 3097 C. C. M. Kaupp's Versuche nach den Temperaturen geordnet, ergaben folgende 24stündige Endwerthe:

Mittlere Tagestemperatur (R°.)	Harnstoff in Grmm.	Harnvolum in C. C. M.
7,6	35,6	2430
9,6	35,1	2367
11,7	34,1	2406
14,1	33,8	2327
15,8	34,1	2218
17,6	34,2	2223
20,6	33,5	1725

665. Körperwärme.

In der Kälte sind die Wärmeverluste des Körpers viel grösser als in höheren Temperaturen; doch greifen mehrfache, für die Wärmeökonomie wichtige, besonders von Bergmann hervorgehobene Compensationseinrichtungen ein, welche den Verlust in beiden Extremen reguliren. Die allgemeinen Bedeckungen, welche bei mittlerer Temperatur etwa 87% aller Wärmeabgaben übernehmen, spielen hier die Hauptrolle. In der Kälte muss der übermässigen Abkühlung vorgebeugt werden. Diess geschieht durch die niedrigere Temperatur und die geminderte Blutcirculation der Cutis. Dadurch wird 1) der Verlust an strahlender Wärme ermässigt und 2) die Secretion des Perspirationswassers der Haut bedeutend gemindert und damit die Verdunstungskälte herabgesetzt. In höherer Temperatur muss dagegen einer Hemmung der Abkühlung begegnet werden, weil der Verlust an strahlender Wärme hier geringer ist. Diess geschieht durch die bedeutende Verdunstungskälte, welche das in hohem Grad vermehrte Perspirationswasser veranlasst; dasselbe stellt nunmehr das Hauptabkühlungsmittel des Organismus dar. Entsprechende Bekleidungsweisen (und diesen analoge Schutzmittel bei Thieren) unterstützen die genannten Regulatoren der Wärmeabgabe in der Kälte und Wärme.

Die starke Wärmeabgabe im Winter führt zu gesteigerter, der geringere Wärmeverlust im Sommer zu geminderter Neubildung von Wärme; Abfuhr und Neubildung entsprechen sich aber, so dass der Körper auch hier seine Temperatur nahezu constant bewahrt. Im Sommer ist letztere nur ein Minimum, in

Tropenländern etwa $^1/_4$—$^1/_2$ ° C. gesteigert (J. Davy). Dagegen findet ein wesentlicher Unterschied in der Temperaturvertheilung statt: die Temperaturdifferenz zwischen der Körperoberfläche und den inneren Organen ist gross in der Kälte, gering in der Wärme.

666. Muskel- und Nervensystem.

In der warmen Jahreszeit geschehen die willkürlichen Bewegungen minder kräftig als in der kalten. Die Bewohner der Tropenländer sind durchschnittlich schwächer als die in gemässigten Climaten Lebenden; auch der Europäer verliert in der heissen Zone einen guten Theil der gewohnten Leistungsfähigkeit seiner Muskeln. Im Sommer fallen uns namentlich nach der Mahlzeit stärkere Bewegungen, ja selbst das Sprechen und Singen schwer, wogegen wir im Winter die Körperbewegung mit Vortheil gerade in die Verdauungszeit verlegen. Die Neigung zu Reflexbewegungen und krampfhaften Affectionen ist im Sommer grösser und das Nervensystem überhaupt reizbarer, der Schlaf kürzer und weniger tief. In höherer Temperatur sind wir psychisch entschieden weniger aufgelegt und thätig, anhaltendes Denken strengt mehr an, das Gedächtniss ist minder frisch, das Gemüth reizbarer, die Affekte und Leidenschaften stärker. Die grössere Häufigkeit der Selbstmorde, der Verbrechen an Personen, der Geisteskrankheiten, sowie mancher Affectionen des Gehirnes in der warmen Jahreszeit spricht für einen tiefgreifenden Einfluss der Wärme auf die Nervencentren.

B. Luftdruck.

667. Vorbemerkungen.

Der Mensch besitzt den Einwirkungen des Luftdruckes gegenüber eine grosse Accommodationsfähigkeit. So sind z. B. mässige Erhebungen im Luftballon von keinen eingreifenden Erscheinungen begleitet, ja selbst Ascensionen auf bedeutende Höhen (Gay-Lussac, Green u. A. sind weit über 20,000 Fuss gestiegen) haben viel weniger auffallende Symptome veranlasst, als von vorneherein wohl erwartet werden durfte.

In diesem Fall, sowie auch bei der Besteigung hoher Berge, hat man es mit einem Complex veränderter Einflüsse (niedere Temperatur, Trockenheit der Luft, Muskelanstrengung u. s. w.) zu thun, so dass die betreffenden Erfahrungen zu keinen reinen Aufschlüssen über die Wirkungen der Luftdruckminderung führen.

Folgende Modi der Einwirkungen des Luftdruckes sind zu unterscheiden: I. Die vorübergehend starke, also künstliche, Mehrung oder Minderung des Druckes. Am reinsten werden diese Einflüsse untersucht in pneumatischen Apparaten (Pravaz, Junod). Die Wirkungen des bis um's $4^1/_2$fache verstärkten Atmosphärendruckes konnten in neuester Zeit selbst im Grossen ermittelt werden, indem Triger die comprimirte Luft anwandte, um bei Grabarbeiten das Eindringen von Wasser zu verhindern. Analogen, jedoch minder reinen Einflüssen ist der Bergmann in tiefen Schachten und der Taucher auf

dem Meeresgrund ausgesetzt. II. Der anhaltend stark geminderte Luftdruck. In den Andes Südamerika's sind Gegenden noch bewohnt, die 13—15,000 Fusse über dem Meere liegen (223).

Ueber anhaltend stark gemehrten Luftdruck liegen selbstverständlich keine Erfahrungen vor. Das todte Meer liegt 1300′ unter der Meeresfläche, und zeigt ein Barometermittel von 800 M.m. Hg. Von auffallenden physiologischen Wirkungen des dortigen Aufenthaltes ist nichts bekannt.

III. Die Verschiedenheiten des Luftdruckes an demselben Ort.

668. Vorübergehende Luftdruckverminderung.

In Folge bedeutender und plötzlicher Minderung des Luftdruckes werden die peripheren Theile reicher an Blut und Parenchymflüssigkeit; die Hautvenen schwellen an; es können selbst Berstungen von Capillaren der Lippen, des Zahnfleisches, der Lungen und somit Blutungen aus diesen Theilen in einzelnen Fällen eintreten. Die Perspiration der Cutis nimmt sehr zu, auch stellen sich reichliche Schweisse ein. Das Athmen ist mit einem Gefühl von Beengung verbunden, die Athemzüge sind tiefer und, sowie auch der Puls, frequenter. Die Harnmenge sinkt bedeutend. Die Stimme verliert an Kraft und nimmt einen anderen Timbre an; die Muskeln ermüden leichter, besonders die der untern Extremitäten, indem der geminderte Luftdruck weniger als sonst dazu beiträgt, den Schenkelkopf in der Pfanne zu halten, eine Aufgabe, die nunmehr den über das Hüftgelenk gespannten Muskeln in erhöhtem Grade zufällt. Das Trommelfell wird wenigstens anfangs, stark nach auswärts gespannt und dadurch Schwerhörigkeit veranlasst. Schläfrigkeit, Kopfschmerzen, Schwindel, selbst Ohnmacht können in einzelnen Fällen, wohl als Folgen der venöseren Beschaffenheit des Blutes und des verminderten Blutgehaltes des Gehirnes eintreten.

669. Vorübergehende Luftdruckvermehrung.

Greift eine solche in verstärktem Grade ein, so sollen die Athemzüge seltener und tiefer werden, von einem angenehmen Wärmegefühl in der Brust begleitet sein und überhaupt leichter von Statten gehen. Die Stimme zeigt einen „metallischen“ Timbre. Die Haut wird blutärmer, blässer, die oberflächlichen Venen schwellen ab, die Perspiration mindert sich, die Urinmenge dagegen nimmt zu. Die Muskelbewegungen erfolgen lebhafter. Die wenigstens anfangs vorhandene Einwärtspressung des Trommelfells setzt Schwerhörigkeit und selbst Schmerzen im Ohr; später aber hört man schärfer. Gefühle von Euphorie oder selbst eine gewisse psychische Aufregung sollen sich nicht selten einstellen.

Der längere Zeit fortgesetzte tägliche mehrstündige Aufenthalt in stark comprimirter Luft (nach Triger's Methode § 667) führte zu zahlreichen Erkrankungen der Muskeln, des Respirationsapparates, vor allem aber des Gehörs, so dass auch tiefgreifende physiologische Wirkungen unter solchen Umständen nicht geläugnet werden können. Hierüber, sowie andererseits über die Einflüsse der künstlich verdünnten Luft sind neue Untersuchungen nöthig. In vielen Menschen fehlt sogar der obige, von Junod u. A. angegebene Symptomencomplex ganz oder doch theilweis. Auch ist es wahrscheinlich, dass die Erstwirkungen des in das Plus oder Minus stark veränderten Luftdruckes, manche Uebereinstimmungen bieten werden, z. B. Beschleuni-

gung des Athmens, Pulses u. s. w. Lehmann setzte Vögel und kleine Säugethiere Luftdrücken zwischen 22″—24″ aus: er erhielt ziemlich schwankende Werthe, im Durchschnitt aber bei vermindertem Druck eine geringe Abnahme der exspirirten Kohlensäure. Nach Pravaz soll die Kohlensäureausscheidung steigen bei mässig comprimirter Luft, dagegen wieder fallen bei höheren Pressionen. Nach Hoppe sterben kleine Säuger unter der Luftpumpe erst bei etwa 50 Mm., Vögel aber schon bei 120 Mm. Druck; die Thiere zeigen alsdann Gasblasen im Blut. Frösche werden unter der Luftpumpe bei einer auf nur wenige Millimeter gesunkenen Pression scheintodt, kommen aber sogar nach einem Aufenthalt von ½ Stunde in einem solchen Raum wieder zum Leben.

670. Luftdruckverschiedenheiten an demselben Ort.

Die Barometerhöhe variirt bekanntlich an demselben Ort nicht sehr bedeutend, die jährlichen höchsten und tiefsten Stände in Paris nach Bouvard um ungefähr 1½ Zolle d. h. 1/18. Demnach können auch die physiologischen Wirkungen dieser Variationen keine tiefgreifenden sein, wohl aber lassen sie sich in einer längeren Beobachtungsreihe deutlich nachweisen, sowie sie jedenfalls unter sämmtlichen Modi der Luftdruckwirkungen, praktisch die beachtenswerthesten sind.

Wurden die Versuche Vierordt's je nach den höheren oder niederen Barometerständen (par. Lin.) zusammengestellt ergab sich:

			332‴,04	337‴,71	Unterschiede
	in 1 Minute	Pulsschläge	70,9	72,2	+ 1,3
	in 1 Minute	Athemzüge	11,58	12,32	+ 0,74
in C. C. Met. reducirt auf 37°C. u. 336‴ Bar.	Volum einer Exspiration		528,6	529,2	0
in C. C. Met. reducirt auf 37°C. u. 336‴ Bar.	Ausgeathmete Luft	in 1 Minute	6121	6607	+ 586
in C. C. Met. reducirt auf 37°C. u. 336‴ Bar.	Ausgeathm. Kohlensäure	in 1 Minute	272,5	271,1	= 0
	% Kohlensäure		4,45	4,14	— 0,31

Die absolute Kohlensäure bleibt also von den normalen Luftdruckschwankungen unberührt. Auf die bedeutende Vermehrung des % Kohlensäuregehaltes der Ausathmungsluft beim niederen Barometerstand hat schon Prout hingewiesen; die Ursache liegt in dem Seltenerwerden der Athemzüge, welches die Ansammlung der Kohlensäure in der Lungenluft begünstigt.

Kräftige Menschen werden in ihren Gemeingefühlen und sonstigem Befinden wenig berührt von den normalen Luftdruckschwankungen; reizbare, schwächliche Individuen dagegen klagen bei niederem Barometerstand nicht selten über Eingenommenheit des Kopfes, Schwindel, Mattigkeit u. s. w.

Eine Abhängigkeit der allgemeinen Mortalität vom Luftdruck wurde vielfach behauptet. Die betreffenden Statistiken sind aber in der Regel so angeordnet, dass die Wirkungen anderweitiger meteorologischer Einflüsse, namentlich der Temperatur nicht vollständig ausgeschlossen bleiben. Bei hohem Barometerstand ist die Mortalität nach Casper u. A. am grössten.

C. Wassergehalt der Luft.

671. Variationen der Luftfeuchtigkeit.

Die Atmosphäre enthält bekanntlich immer Wassergas und zwar durchschnittlich um so grössere absolute Mengen, je wärmer sie ist. Trocken heisst die Luft, welche lange nicht soviel Wassergas führt, als sie aufnehmen kann vermöge ihrer Temperatur; ist aber letzteres der Fall, so heisst die Luft

gesättigt. Von den in einem gegebenen Luftvolum enthaltenen absoluten Wassergasmengen sind zu unterscheiden die Feuchtigkeitsgrade, d. h. das Verhältniss des vorhandenen Wassergases zu derjenigen Wassermenge, welche die Luft aufnehmen könnte bei ihrer Temperatur. Am feuchtesten ist die Luft zur Zeit des Sonnenaufganges; mit steigender Temperatur nimmt die Feuchtigkeit allmälig ab; das Maximum der Trockenheit ist erreicht in den ersten Nachmittagsstunden, von wo an die Wassergasprocente allmälig wieder zunehmen. December und Januar sind unsere feuchtesten, Juli und August unsere trockensten Monate (687). Die durchschnittliche Luftfeuchtigkeit beträgt in unserem continentalen Clima einige 70 %.

672. Physiologische Wirkungen.

Die Feuchtigkeitsgrade der Atmosphäre gewinnen, da sie die Stärke der Verdunstung bestimmen, für den Organismus eine eingreifende Wichtigkeit. Mittlere Werthe der Luftfeuchtigkeit sind im Allgemeinen die zuträglichsten. Je feuchter die Luft, desto mehr wird (Gleichheit der übrigen Bedingungen vorausgesetzt) die Wasserverdunstung der allgemeinen Bedeckungen und des Athmungsapparates beschränkt, desto stärker aber sondern andererseits die Nieren ab. Die Harnmenge ist bei mittleren Temperaturen, an Tagen durchschnittlicher Luftfeuchtigkeit, geschweige denn an sehr trockenen Tagen, um etwa $^1/_6$—$^1/_5$ geringer als an feuchten.

In feuchter Luft sind die Gewichtsverluste des Körpers durch die Respiration und Perspiration, wie Versuche von W. Edwards zeigen, gemindert; dessgleichen, wegen der geringeren Wasserverdunstung, die Wärmeverluste; der Stoffwechsel muss also, vorausgesetzt dass keine compensatorischen Einrichtungen vorhanden sind, eine gewisse Abnahme erfahren. Diese Einflüsse machen sich besonders, vielleicht sogar allein, geltend, wenn man die feuchtwarme Luft mit der trockenwarmen vergleicht. In ersterer ist die Wärmeabgabe am meisten erschwert, was in hohem Grade erschlaffend auf das Muskel- und Nervensystem wirkt; die Bewegungen geschehen träger, wir sind geistig nicht gehörig aufgelegt, Gefühle voller Euphorie sind seltener; das Athmen ist mit einer gewissen Beengung verbunden, Schweisse stellen sich häufig ein, Appetit, Verdauung und Resorption sind gemindert.

Viele Angaben der Autoren über den Einfluss der Luftfeuchtigkeit sind offenbar rein erschlossen; möglicherweis greifen compensatorische Momente ein, welche den Organismus vor extremen Zuständen bewahren. Fortgesetzte Versuchsreihen über die Gestaltungen des mittleren Nahrungsbedürfnisses, der Respiration, Perspiration, Harnes u. s. w. fehlen. Auch hier scheint die bloss vorübergehende Einwirkung künstlich trockener oder feuchter Luft zum Theil andere physiologische Effekte zu bedingen, als die anhaltende. Lehmann erhielt an kleinen Vögeln und Säugethieren beim vorübergehenden Aufenthalt in feuchtwarmer Luft viel höhere Kohlensäurewerthe als in trockenwarmer; z. B. 1 Kilogr. Kaninchen lieferte bei 37° C. in trockener Luft 0,45 Grmm, in feuchter dagegen 0,68 Grmm Kohlensäure stündlich. Lehmann leitet die höheren Werthe von der in Folge der Athembehinderung der Thiere gesteigerten Frequenz und Tiefe der Athembewegungen ab. Moleschott und Schelske fanden an Fröschen ebenfalls geringere Kohlensäurewerthe in trockener Luft.

Auf die Gesammtmortalität ist die Luftfeuchtigkeit von Einfluss; doch können die Vergleiche nur bei denselben Temperaturen angestellt werden. In kalter und trockener Luft zeigt die allgemeine Morbilität und Mortalität gewöhnlich ein Maximum.

Der Einfluss der Winde ist ein sehr complexer; es handelt sich besonders um Temperatur, Feuchtigkeit und Geschwindigkeit der bewegten Luft. Vor allem kommt die abkühlende Wirkung der Winde in Betracht. Aus diesen Gründen erscheint uns die windige Luft kälter als die stille. Die Winde vermehren (vorausgesetzt dass die Luft nicht kalt ist) die Perspiration. Diese wichtigen Einflüsse sind noch niemals experimentell consequent verfolgt worden; apriorische Ableitungen können — gegenüber den auch hier ohne Zweifel vorhandenen Compensationsmitteln des Organismus — möglicherweis zu sehr fehlerhaften Schlussfolgerungen führen.

D. Licht.

673.

Dieses im Gesammthaushalt der Natur so mächtige Agens übt auf die niedere Thierwelt, vorzugsweise aber auf die Pflanzen ungleich tiefgreifendere Wirkungen aus als auf die höheren Thiere, namentlich die Warmblüter. Die Beziehungen der letzteren zum Licht beschränken sich vorzugsweis auf das Auge, wogegen eine directe Abhängigkeit der vegetativen Processe von der Stärke oder Farbe des Lichts (indirecte Einflüsse wollen wir nicht läugnen) nicht zu bestehen scheint. Nach Moleschott bilden Frösche mehr Kohlensäure in der Helligkeit als, Gleichheit der übrigen Aussenbedingungen vorausgesetzt, im Dunkeln. Die Helligkeit ist von mächtigem Einfluss auf unser Gemüth; an trüben Tagen sind wir weniger heiter, die Zustände vollster körperlicher Euphorie fallen vorzugsweis auf lichthelle Tage. Die ohne Zweifel alsdann stattfindende Steigerung der Lebensthätigkeiten dürfte grossen Theils, wo nicht ausschliesslich, von jenen psychischen Einflüssen abzuleiten sein.

Reine Beobachtungen über die Wirkungen anhaltend geminderter Lichtgrade auf den Menschen giebt es nicht; die Erfahrungen an Gefangenen oder an Insassen lichtarmer Wohnungen u. dergl. sind selbstverständlich nicht verwerthbar für die vorliegende Frage und es muss dahingestellt bleiben, wie viel von den, die Constitution beeinträchtigenden Wirkungen jener Aufenthaltsorte: wässrige Blutbeschaffenheit, gedunsenes blasses Aussehen, Herabsetzung der Muskelkraft, der Perspiration und des gesammten Stoffwechsels, etwa auf Rechnung des Lichtmangels zu setzen sei. Die Pigmentablagerung der Haut scheint im letzteren Fall wirklich gemindert zu sein.

XXXI. Periodische Körperzustände.

A. Vorbemerkungen.

674. Periodische Erscheinungen überhaupt.

Alle organischen Thätigkeiten zeigen ein periodisches Verhalten, indem dieselben Erscheinungen, mehr oder weniger regelmässig, nach bestimmten Zeiten wiederkehren. Die Periodicität ist überhaupt ein durchgreifendes Phänomen

in der gesammten Natur; sie findet sich in allen Organismen und, mannigfaltig modificirt, in sämmtlichen, also auch krankhaften Zuständen derselben. Die Thiere bieten in der regelmässigen Wiederkehr der Brunst, des Winterschlafes, des Wanderns, der Aenderungen des Gefieders und der Haare u. s. w. auffallende Beispiele in Menge dar. Im kranken Leben treten sogar höchst eigenthümliche Aeusserungen der Periodicität auf, deren Zeitmaasse (wie die Anfälle des Wechselfiebers), selbst gar keine Analogieen bieten mit Periodicitäten des normalen Körpers.

Wir unterscheiden in Bezug auf die äusseren Formen: I. Die Periodicitäten der intermittirenden Erscheinungen. Die Functionen zeigen nämlich nicht bloss einen Wechsel zwischen Thätigkeit und Ruhe, sondern es ist dieser Wechsel an bestimmte durchschnittliche Zeitmaasse gebunden. Es gibt a) Erscheinungen mit kurzen Pausen; z. B. alle $^4/_5$ Secunde kehrt ein Herzschlag, alle 5 Secunden ein Athemzug wieder. b) Thätigkeiten mit längeren, selbst sehr langen, Intervallen z. B. Nahrungsbedürfniss, Fäcalentleerung, Schlaf, Menstruation u. s. w.

II. Die Periodicitäten der kontinuirlichen Erscheinungen. Auch die unausgesetzt erfolgenden Thätigkeiten, z. B. die Harnbereitung, erhalten sich nicht auf gleicher Höhe; die Zustände gesteigerter und geminderter Energie wechseln aber nicht regellos unter einander ab, sondern in einer gewissen periodischen Ordnung.

Nach ihren Entstehungsweisen aber unterscheiden wir die periodischen Functionen, je nachdem dieselben von äusseren oder von inneren, im Organismus selbst liegenden, Ursachen abhängen und reden desshalb von der »äusseren« Periodicität im Gegensatz zur »inneren«.

675. Aeussere Periodicität.

Zu den (absolut oder relativ) äusseren Ursachen der cyklischen Erscheinungen im Körper gehört 1) die Summe der den Organismus bestimmenden, periodischen Einflüsse der Aussenwelt und 2) die zeitliche Einrichtung der Lebensweise und des Gebrauches unserer Functionen.

Der Lauf der Erde um die Sonne, sowie die Rotation der Erde um ihre eigene Axe rufen die eingreifendsten Veränderungen auf unserem Planeten hervor und damit regelmässige, mit den Jahres- und Tageszeiten zusammenfallende Modificationen vieler der wichtigsten Lebensbedingungen, z. B. der Lichtstärke, Temperatur und Feuchtigkeit der Atmosphäre u. s. w. Dem entsprechen bestimmte periodische Veränderungen im Organismus selbst, über deren Vorhandensein, Nothwendigkeit und Deutung keine Zweifel bestehen.

Ueber die Abhängigkeit des Organismus vom Mond herrscht ein alter Streit; die angeführten Thatsachen, welche eine solche beweisen sollen, sind entweder nicht ganz zuverlässig oder sie lassen andere Auffassungen zu. Die Menstruation kehrt zwar durchschnittlich wieder nach je 28 Tagen, d. h. einem Mondsmonat; aber es gibt zu allen Zeiten, und zwar in gleicher Häufigkeit, menstruirte Weiber. Das Zusammenfallen der Menstruation mit dem Mondsmonat ist also ein reiner Zufall. Auf die Kritik gewisser medicinischer Erfahrungen, die auf eine irgendwie vermittelte,

freilich nur sehr beschränkte, Bestimmbarkeit einzelner Krankheiten durch die Mondphasen hindeuten, kann nicht eingegangen werden. Nur sei bemerkt, dass nicht sämmtliche Behauptungen der Art geradezu für falsch erklärt werden dürfen; wir sträuben uns gegen keine, noch so seltene oder vorerst unbegreifliche Thatsache, nur verlangen wir eine sichere Constatirung derselben.

Die Erwägung, dass alle Erscheinungen des Körpers, die relativ einfachen, ja selbst elementaren, ebenso gut wie die complicirtesten Leistungen oder Zustände des Gesammtorganismus wie z. B. Schlafen und Wachen, ein periodisches Verhalten zeigen und dass dieselben die grössten Verschiedenheiten bieten sowohl in ihrem rhythmischen Ablauf als in ihren absoluten Zeitmaassen (welche letztere meistens mit keinen Phasen bestimmter kosmischer Bewegungen zusammenfallen), schützt vor einseitiger Auffassung der periodischen Phänomene und namentlich einer unmotivirten Zusammenstellung derselben mit gewissen, für den Organismus keine Wendepunkte bietenden, physiologisch also gleichgültigen, Fractionen der astronomischen Zeiten.

Eine zweite Categorie periodischer Erscheinungen hängt von der willkürlichen Gebrauchsweise unserer Organe und Functionen ab. Viele der letzteren sind von eingreifendem Einfluss auf den Gesammtorganismus; vertheilt man desshalb die Ruhe- und Thätigkeitsperioden der Einzelorgane, z. B. des Verdauungsapparates, der Muskeln u. s. w., auf bestimmte, genau wiederkehrende Stunden der täglichen Zeit, so muss auch der Organismus Tag für Tag entsprechende cyklische Veränderungen bieten.

676. Innere Periodicität.

Viele periodische Erscheinungen lassen sich auf die so eben betrachteten Momente zurückführen. Es gibt aber nicht wenige Eigenthümlichkeiten periodischer Phänomene — und diese sind gerade die interessantesten — welche von solchen äusseren und selbstverständlichen Ursachen unmöglich können abgeleitet werden. Die wichtigsten hieher gehörigen Thatsachen sind folgende:

1) Die Verdauung, die Muskelthätigkeit u. s. w. steigert den Stoffwechsel; diejenigen Tageszeiten, in welche diese Functionen bei einer irgendwie durchgeführten, aber strenge eingehaltenen Lebensweise fallen, bieten demnach bestimmte, regelmässig wiederkehrende Intensitäten des Stoffwechsels. Nun ist es aber keineswegs gleichgültig, in welche Tageszeiten die Einzelthätigkeiten verlegt werden; die Verdauung z. B. ist Mittags von viel eingreifenderen constitutionellen Erscheinungen begleitet als Abends u. s. w. Der Organismus befindet sich also im Verlauf der täglichen Zeit in verschiedenen Stimmungen, welche periodisch wiederkehren und vermöge welcher ein und derselbe äussere Einfluss oder dieselbe innere functionelle Thätigkeit die Gesammtconstitution in sehr verschiedener Weise afficiren.

2) Fallen jene äusseren, die Functionen verändernden, periodischen Ursachen weg, so bleiben die entsprechenden Wirkungen zwar grossentheils, aber nicht vollständig aus (685).

3) Mit zu- oder abnehmender Intensität der äusseren, periodisch auftretenden Ursache wächst und steigt zwar auch die Wirkung derselben auf den Organismus, doch findet eine genauere Proportionalität nicht statt. Das Schlafbedürfniss z. B. hängt ab von einer grossen Zahl gekannter und ungekannter, im Verlauf einer gewissen Zeit den Körper umstimmenden Momente; gleichwohl

stellt sich der Schlaf in der gewohnten Stunde ein, jene voraufgegangenen Ursachen mögen mit grosser oder mit geringerer Intensität aufgetreten sein, wir mögen den Tag über so oder anders gelebt haben.

Besonders auffallend und für das Walten cyklischer Einflüsse sprechend, ist die bekannte, für den Nachtschlaf, namentlich aber den Schlaf nach der Mittagsmahlzeit geltende Thatsache, dass wir zwar zur gewohnten Zeit schläfrig, jedoch, nachdem diese vorüber ist, wieder munter werden. Weiteres in 688.

677. Grundursachen der Periodicität.

Die Thatsachen des § 677 hängen von tiefer liegenden Ursachen ab. Wir haben die Periodicität zwar ein generelles Phänomen der gesammten Erscheinungswelt genannt, doch unterscheiden sich die cyklischen Ereignisse in der unorganischen Natur dadurch, dass sie ausschliesslich von ausser ihnen liegenden Ursachen bestimmt werden, wogegen im Organismus auch innere, ihm eigenthümliche periodische Einflüsse sich geltend machen. Es wurde (in 7) als, wenigstens formeller, Unterschied zwischen dem Organischen und dem Unlebendigen hervorgehoben, dass die im ersteren ablaufenden Thätigkeiten zu einer geschlossenen Phänomenengruppe verbunden seien. Der Organismus hat also eine gewisse Selbstständigkeit gegen Aussen hin, er bewahrt, wenigstens bis zu einem gewissen Grad, sein von inneren Ursachen abhängiges cyklisches Verhalten auch unter mehr oder weniger veränderten äusseren Bedingungen.

Die inneren Gründe dieses cyklischen Verhaltens sind unbekannt. Wir können von keiner einzigen derartigen Erscheinung die Nothwendigkeit ihres speciellen Periodenmaasses darthun und müssen uns desshalb auf die Nennung der Grundeigenschaften des Organismus beschränken, aus denen die Nothwendigkeit der Periodicität wenigstens im Allgemeinen hervorgeht:

I. Jede Anstrengung bedingt Erschöpfung; auf Perioden erhöhter Leistungen folgen ausnahmslos solche geminderter Leistungen oder der Ruhe. So oft der zeitliche Ablauf irgend einer Function messend verfolgt wurde, ist dieses Gesetz von den Experimentatoren bestätigt gefunden worden und zwar nicht bloss in den einfachen, ja selbst elementaren Vorgängen, sondern auch an den complicirten Leistungen einer Gesammtfunction.

II. Eine längere Zeit eingehaltene cyklische Thätigkeit, also auch eine bestimmte Lebensweise, gibt den Organen und Functionen eine gewisse dauernde Impression.

Diese beiden, gewöhnlich hervorgehobenen Momente geben freilich nur beschränkte Aufschlüsse über unsere Frage. Vor Allem sind exacte und mühsame Versuchsreihen nöthig, in welchen die Wirkungen und Nachwirkungen der (willkürlich veränderlichen oder spontan oscillirenden) Funktionen bestimmt werden müssten und zwar 1) in verschiedenen Zeiten der täglichen, jährlichen u. s. w. Periode, sowie 2) bei variabelen Intensitäten und Dauern der Thätigkeiten jener Funktionen. Erst dann wird sich herausstellen, ob, was sehr wahrscheinlich ist, der normale Gesammtorganismus noch in anderen regelmässigen Cyklen sich bewegt als in denen der täglichen und der jährlichen Zeit.

Wir verlegen unsere Thätigkeiten instinktmässig in die passendsten Tageszeiten und je mehr das geschieht, desto harmonischer werden die Funktionen und desto normaler gestaltet sich unser Leben. Es begreift sich leicht, dass unter solchen Umständen die cyklischen Körperfunktionen einen in erhöhtem Grade geregelten Gang annehmen müssen.

Unsere Gewohnheiten sind demnach viel weniger arbiträr, sie hängen bei Weitem nicht so einseitig von unserem Belieben und von socialen Ursachen, oder auch von äusseren, tellurischen Einflüssen ab, als es auf den ersten Anblick scheint. So darf z. B. die Periodicität des Schlafes nicht ausschliesslich auf solche Ursachen zurückgeführt werden. Ist auf der einen Seite das Licht des Tages unserem körperlichen und geistigen Thun und Treiben, die Nacht dagegen unserem Bedürfniss nach Ruhe auch äusserlich am förderlichsten, so bietet andererseits der Nachtschlaf eine Reihe von, im Organismus selbst begründeten Vortheilen (650).

B. Tägliche Periode.

678. Körpertemperatur.

Die Schwankungen der Körperwärme im Verlauf der täglichen Zeit betragen etwa $^3/_4$ ^{0} C.; in Kindern und Greisen scheinen dieselben etwas grösser zu sein. Nachts ist die Temperatur am niedersten; die Zeit des Minimums ist noch nicht genau bestimmt. Der Gang der täglichen Temperaturcurve ist, soweit sich die Angaben der Experimentatoren vereinigen lassen, etwa folgender, wobei ein mässiges Frühstück bald nach dem Aufstehen (etwa um 7 Uhr), der Termin der Hauptmahlzeit zwischen 12 bis höchstens 2, und derjenige der Abendmahlzeit zwischen 8—9 Uhr vorausgesetzt wird. Nach dem Erwachen steigt die Wärme, sie erreicht ein Maximum zwischen 8 bis längstens 10 Uhr Vormittags; von da ab sinkt sie, um früher oder später während der Verdauung der Mittagsmahlzeit auf ein zweites Maximum, das grösste, zu kommen. Von hier an beginnt wieder ein Sinken, das selbst durch die Abendmahlzeit nicht oder doch nicht erheblich aufgehalten wird. In den Abendstunden von 9—11 ist die Wärme etwa noch um $^1/_{10}$ ^{0} höher als nach dem Erwachen.

Die folgenden Zahlen drücken den Stand der Temperatur und der (minütlichen) Pulsfrequenz über den resp. Werthen in der Morgenstunde von 7—8 Uhr nach Lichtenfels und Fröhlich aus.

Zeit	Pulse	Körperwärme C⁰.	
8—9	+ 8,0	+ 0,25	Nach dem Frühstück.
9—10	7,1	0,40	
10—11	3,3	0,30	
11—12	2,8	0,34	
12—1	0,3	0,40	
1—2	0	0,40	Vor } dem Mittagesssen.
2—3	7,7	0,35	Nach } dem Mittagesssen.
3—4	7,3	0,34	
4—5	5,8	0,53	
5—6	2,0	0,42	
6—7	2,5	0,46	Vor } dem Abendcaffee.
7—8	4,6	0,37	Nach } dem Abendcaffee.
8—9	4,8	0,48	
9—10	1,1	0,39	

679. Blutlauf.

Die (am ruhigen Körper gemessene) Pulsfrequenz variirt innerhalb 24 Stunden um 10 bis 20 Schläge; kräftige Menschen mit seltenem Puls zeigen hierbei geringere Schwankungen. Nachts ist der Puls am seltensten, das Minimum fällt wohl in die Zeit zunächst nach Mitternacht. Nach dem Erwachen nimmt

die Frequenz zu, etwa um 9 Uhr ist ein Maximum erreicht; von hier an tritt eine Abnahme ein bis zur Mittagsmahlzeit, welche ein zweites Maximum (bei den meisten Beobachtern der überhaupt höchste Werth) bedingt; von da ab sinkt der Puls wieder und selbst die Abendmahlzeit hebt ihn nicht oder nur unbedeutend, wie Guy und viele Andere fanden. Mit der Pulsfrequenz geht die Menge der im Körper umgetriebenen Blutmasse wohl nahezu parallel. Nachts ist der Blutlauf und die Resorption langsamer als am Tag; aus den Wirkungen der Abendmahlzeit kann man schliessen, dass dieselbe langsamer verdaut und resorbirt wird als die Mittagsmahlzeit.

680. Athmen.

Die Perspiration und Respiration sind am Tage viel intensiver als Nachts (653). Unmittelbar nach dem Aufwachen erfahren diese Funktionen eine vorübergehende Steigerung (649). Um 9, oder noch häufiger 10 Uhr, bieten die respiratorischen Thätigkeiten ein Maximum, von da an sinken sie ziemlich stark; die Verdauung der Hauptmahlzeit aber hebt sie auf das zweite, grösste, Maximum, welchem ein ziemlich regelmässiges Sinken folgt, das selbst durch die Abendmahlzeit nicht oder nur wenig aufgehalten wird.

Nur die Tiefe der Athemzüge macht gewisse Ausnahmen; Tiefe und Frequenz der Athembewegungen stehen überhaupt im Antagonismus. Aus einer 15 Monate fortgesetzten, mehrere 100 Einzelbeobachtungen einschliessenden Versuchsreihe Vierordt's ergeben sich folgende Mittelwerthe: das Mittagessen dauerte von 12^h $30'$ bis 1^h, das Abendessen von 8^h $30'$ bis 8^h $45'$. (Die eingeklammerten Werthe beruhen auf bloss wenigen Beobachtungen.)

Stunde	Puls	Athemzüge	Volum in Cub. Cent. Met. (reducirt auf + 37° C. und 336 par. Linien Barometerstand)			Kohlensäure in 100 Vol. exspirirter Luft
	in 1 Minute		einer Exspiration	der exspirirten Luft	der exspirirten Kohlensäure	
				in 1 Minute		
9—10	73,8	12,1	503	6090	264	4,32
10—11	70,6	11,9	529	6295	282	4,47
11—12	69,6	11,4	534	6155	278	4,51
12—1	69,2	11,5	496	5578	243	4,36
1—2	81,5	12,4	513	6343	276	4,35
2—3	84,4	13,0	516	6799	291	4,27
3—4	82,2	12,3	516	6377	279	4,37
4—5	77,8	12,2	517	6179	265	4,21
5—6	76,2	11,7	521	6096	252	4,13
6—7	75,2	11,6	496	5789	238	4,12
7—8	74,6	11,1	489	5428	229	4,22
8—9	73,3	10,2	(486)	(5346)	(227)	4,17
9—10	72,0	10,7	(487)	(5322)	(258)	4,32

681. Harnbildung.

Die Unterschiede der Harnsecretion am Tag und in der Nacht wurden 652 erörtert. Was den Gang der Harnbildung in den einzelnen Tageszeiten betrifft (es fehlt übrigens noch sehr an Versuchsreihen, die auf zahlreichen Einzelbestimmungen beruhen), so gelten für die Mehrzahl der Harnbestandtheile etwa folgende Normen. Die geringsten Werthe fallen in die Nacht, grössere in die

Morgenstunden. Auch hier scheint bei manchen Bestandtheilen ein erstes Maximum um 8—10 Uhr stattzufinden, mit nachfolgendem stärkerem Abfall der Curve. Während der Verdauung des Mittagessens erheben sich die Zahlen bedeutend; das zweite (grösste) Maximum wird übrigens erst einige Stunden nach der Mahlzeit erreicht. Von da ab beginnt wieder ein Sinken, das durch die Abendmahlzeit nur etwas aufgehalten zu werden pflegt.

Die Harnmenge ist am geringsten Nachts, grösser am Vormittag; sie nimmt zu in den ersten, wieder ab in den späteren Vormittagsstunden; auch bei ausgesetztem Frühstück scheint ein Maximum in die Stunde von 8—9, nach Andern etwas später, zu fallen (264). Die Hauptmahlzeit bedingt ein zweites Steigen und, 2—3 Stunden nach dem Essen, ein Maximum. Das rasche Sinken später wird je nach der Art der Abendmahlzeit modificirt.

Die Curve des Harnstoff's ist nicht genügend erkannt. Becher beobachtete (jedoch nur in einem Versuchstag) ein allmäliges Sinken des Harnstoffes während der Morgenstunde, ein rasches Steigen zur Zeit der Verdauung der Hauptmahlzeit (Maximum 3—4 Stunden nach dem Essen); dann wieder ein starkes Sinken in den Abendstunden, ein mässiges Steigen nach dem Abendessen, das Minimum aber Nachts. Draper erhielt folgende (wenig differirende) stündlichen Harnstoffmengen: erste Morgenstunden 1,19 Grmm. — Zwischen 10 und 3 Uhr (Mittagessen) 1,12. — Zwischen 3 und 6 Uhr 1,3. — In den spätern Abendstunden 1,37. — Nacht: 0,97.

Nach Schweig ist die Ausscheidung der Harnsäure am geringsten Nachts, sie zeigt ein erstes Maximum 8—9 Uhr Morgens, ein zweites Mittags 3—5 Uhr (2—4 Stunden nach dem Essen). Kaupp's allerdings nur indirekte Erfahrungen sprechen dagegen für höhere Harnsäurewerthe Nachts; auch bietet der Nachtharn die stärkste acide Reaktion. Die Chlormenge ist nach Buchheim gering in den ersten Morgenstunden; 3—6 Stunden nach der Hauptmahlzeit zeigt sie ein Maximum, Abends sinkt sie stark, die Minimalwerthe fallen in die Nacht, und zwar nach Voit (bloss 1 Versuchstag) in die ersten Stunden nach Mitternacht. Die Kochsalzausscheidung bietet in der 24stündigen Periode viel grössere Differenzen als die meisten anderen Harnbestandtheile, was vorzugsweis von den Zufuhren abhängt. Die Schwefelsäure erreicht nach Buchheim etwa 6 Stunden nach der Aufnahme der Hauptmahlzeit den höchsten Werth, ihr Minimum fällt, wie auch Beneke u. A. fanden, in die Vormittagsstunden.

Buchheim, der um 12 Uhr zu Mittag ass, bekam folgende Werthe in 3 Versuchstagen:

Stunde	Chlor	Schwefelsäure
6—9	1,05	0,15 Grmm.
9—12	1,55	0,14
12—3 (Mittag)	0,94	0,17
3—6	1,66	0,21
6—9	0,97	0,22
9 Abends —6 Morgens	1,04	0,52

Die Phosphorsäure (652) bietet eine eigenthümliche Curve; Mosler fand die geringsten Werthe Vormittags, grössere Nachmittags, ein Maximum Abends (7 bis etwa 11 Uhr), später wieder ein Sinken.

682. Geburtsthätigkeit.

Die Nacht begünstigt in mehrfacher Hinsicht den Geburtsakt. 1) Die Zeit des Beginnes der Wehen fällt viel häufiger in die Nacht als in den Tag. 2) Bei langdauernden Geburten werden die Wehen in den Morgenstunden etwas schwächer, nach Mittag wieder stärker, gegen Abend schwächer, während der Nacht wieder stärker (Kilian). 3) Die Nachtgeburten sind viel häufiger als die Taggeburten. Nach Berlinski's Zusammenstellung statistischer Ergebnisse mehrerer Länder werden von 1000 Kindern geboren:

zwischen 12— 3 Morgens	161	12— 3 Mittags	111
3— 6	137	3— 6	103
6— 9	123	6— 9	124
9—12	110	9—12	131

683. Mortalität.

Auch das kranke Leben bietet vielfache Erscheinungen, welche an den normalen Tagescyclus erinnern. Eine Zusammenstellung verschiedener Statistiken ergab für die 12 Tagesstunden (von 6 Uhr an gerechnet) 52 % aller Todesfälle; das Maximum liegt in der Morgenzeit. Die Erscheinung dürfte vorzugsweis zurückzuführen sein auf eine Steigerung des lokalen pathologischen Processes, sowie des Gesammtstoffwechsels, welche den noch vorhandenen Kräftevorrath rasch verzehrt. Nach Walser vertheilen sich 21,110 Sterbfälle des württembergischen Amtes Leutkirch der Jahre 1808 bis 1845 folgendermaassen in den Tagesstunden:

Nacht		Morgen		Mittag		Abend	
12—1	746	6—7	1118	12—1	711	6—7	761
1—2	800	7—8	1219	1—2	795	7—8	729
2—3	868	8—9	1109	2—3	896	8—9	757
3—4	946	9—10	1051	3—4	850	9—10	920
4—5	920	10—11	817	4—5	809	10—11	825
5—6	1024	11—12	854	5—6	887	11—12	698

684. Physiologischer Gegensatz von Tag und Nacht.

Die Steigerung einer Thätigkeit über das gewöhnliche Maass im Verlauf des Tages bedingt eine Minderung in der folgenden Nacht; wird dagegen die Funktion am Tage wenig in Anspruch genommen, so zeigt sie Nachts eine relativ bedeutende Höhe. Man hat hier zweierlei Verhältnisse zu unterscheiden:

I. Die Funktionssteigerung oder Minderung geschieht willkürlich, oder sonst durch nachweisbare äussere Ursachen. Nach reichlichem Trinken und Harnen während des Tages sinkt die Harnmenge in der kommenden Nacht und noch bis in die nächsten Tagesstunden hinein. Bei wenig bewegtem Leben erfolgen Respiration und Perspiration am Tage mit mässiger, Nachts aber mit relativ grösserer Intensität; die bewegtere Lebensweise führt zu umgekehrten Erfolgen, indem die Ruhe der Nacht compensirend wirkt.

Die Körperverluste durch Lunge und Haut verhielten sich in einer Tag- und Nachtstunde nach A. Volz (in Grammen)

		Tag	Nacht	24stünd. Verlust
Ruhige	Tage	47	40	1079
Bewegtere		51	35	1100
dito		54	34	1126

II. Spontan eintretende Funktionsänderungen. Lebt man in einer längeren Versuchsreihe genau auf dieselbe Weise, so zeigen gleichwohl die Funktionen in den Einzeltagen keine unbedeutenden Differenzen ihrer Intensitäten. Diese Erscheinung muss also vorzugsweis von, im Organismus liegenden Ursachen abgeleitet werden. Aber auch jetzt noch, wo die Funktionsänderungen nicht von Aussen veranlasst worden sind, ist die Tagesperiode von, wenn gleich minder starkem Einfluss auf die kommenden Nachtstunden. Kaupp nnd Sick bestätigten diese Norm für den Urin. Nehmen die am Tag abgesonderten Mengen des Wassers, der festen Bestandtheile, des Harnstoffes und Kochsalzes mässig ab, so steigen durchschnittlich die betreffenden Werthe in der folgenden Nacht; sinken dagegen jene Werthe in den Tagstunden bedeutend, so bieten in der Regel die Ziffern der Nacht zwar absolut ebenfalls eine Abnahme, relativ aber eine Zunahme.

Harnvolum in C. C. M.

Kaupp			Sick		
12 Tagstunden	12 Nachtstunden	Nachtwerthe in % der Tagwerthe	17 Tagstunden	7 Nachtstunden	Nachtwerthe in % der Tagwerthe
1056	458	43	2848	463	16,0
855	470	55	2468	470	19,0
785	474	59	1791	351	19,6

Feste Urinbestandtheile n. Kaupp in Grmm.			Harnstoff nach Kaupp. Grmm.		
12 Tagstund.	12 Nachtstund.	%	12 Tagstund.	12 Nachtstund.	%
45,59	28,34	63	19,7	13,9	70
43,03	29,30	68	18,2	14,5	79
39,08	27,38	70	16,8	13,4	80

Chlornatrium nach Kaupp. Grmm.			Phosphorsäure nach Sick in Grmm.		
12 Tagstund.	12 Nachtstund.	%	17 Tagstund.	7 Nachtstund.	%
13,3	4,7	35	2,63	0,87	33
11,9	5,4	46	2,16	0,89	41
10,6	4,7	44	1,66	0,91	54

685. Unabhängigkeit der täglichen Periodicität von äusseren Einflüssen.

Verdauung, Schlaf und Muskelthätigkeiten bestimmen den täglichen Cyclus der Funktionen am meisten; gleichwohl aber bewahrt der Organismus auch diesen Einflüssen gegenüber bis zu einem gewissen Grade sein periodisches Verhalten. Die Wärme sinkt, allerdings nicht so stark als gewöhnlich, auch wenn wir Nachts wach bleiben, und andererseits hat der Schlaf am Tage kein bemerkbares Sinken zur Folge (v. Bärensprung).

Ueber den Einfluss der Nahrungsaufnahme gelten folgende Normen:

1) Das morgendliche Steigen der Körperwärme, namentlich das Maximum um etwa 9 Uhr, darf nicht ausschliesslich vom Frühstück abgeleitet werden, denn auch an Hungertagen erhielten Lichtenfels und Fröhlich um diese Zeit eine vorübergehende kleine Temperaturerhebung.

2) Die Körpertemperatur nimmt durch die Hauptmahlzeit um so stärker (und wahrscheinlich auch schneller) zu, je früher die Zeit ist, in welche die Mahlzeit fällt. Der Essenszeit ungefähr um 1 Uhr entsprach in einigen Versuchen eine Steigerung um 0,3 bis 0,4 ⁰ (im Vergleich zu dem Stand unmittelbar vor der Nahrungsaufnahme), der Essenszeit um 2 Uhr aber nur ein Plus von 0,13 ⁰ (Lichtenfels), während bei J. Davy die um 5 Uhr abgehaltene Hauptmahlzeit keine Steigerung zur Folge hatte.

3) Fällt die Hauptmahlzeit ganz weg, so zeigen zwar die Funktionen eine merkliche Minderung, doch stellt sich zur Zeit der Maxima wiederum die »gewohnte« Zunahme, freilich in viel geringerem Grade als gewöhnlich, ein. Lichtenfels und Fröhlich erhielten an Hungertagen von 2 Uhr Mittags an wieder eine Zunahme der Wärme und zwischen 4—5 Uhr ein Maximum.

Vierordt liess an 2 Versuchstagen die Mittagsmahlzeit (12^h 30′ — 1^h) wegfallen; die Beobachtung ergab:

Stunde	Puls (in 1 Minute)	Athemzüge (in 1 Minute)	Volum in C. C. M.: einer Exspiration	Volum in C. C. M.: der exspir. Luft (in 1 Minute)	Volum in C. C. M.: der exspir. Kohlensäure (in 1 Minute)	Procentige Kohlensäure
12—1	63	10	545	5450	270	4,69
1—2	64	9	527	4743	242	5,09
2—3	62,5	9,5	575	5479	258	4,73

4) Die Verdauung der Abendmahlzeit erhebt die Wärme und den Puls nicht oder nur unbedeutend. Dasselbe gilt von den meisten respiratorischen Funktionen (s. die Rubriken 8 und 9 in der Tabelle des § 680).

5) Der geringe Eindruck der gewöhnlichen Abendmahlzeit auf den Stoffwechsel wurde mit Unrecht von einer, irgendwie vermittelten, Nachwirkung der Hauptmahlzeit ausschliesslich abgeleitet. Während der Verdauung einer sehr kopiösen Abendmahlzeit am Ende eines Hungertages bieten gleichwohl die meisten Thätigkeiten eine nur mässige Energie (Vierordt).

Die oben, unter 3, erwähnten 2 Hungertage boten Abends folgende Werthe:

	Puls	Athemzüge	Ausgeathmete Luft	Ausgeathmete Kohlensäure	Procentige Kohlensäure
Vor 1½ Stunden dem Abendesssen	64,5	11	5522	254	4,61
1½ Stunden nach dem Abendesssen	66	10,5	5405	272	5,00

6) An normalen Tauben fand Chossat eine Differenz von etwa ¾ ⁰ C. zwischen Tagmaximum und Nachtminimum, an verhungernden aber (neben bedeutendem Sinken der Wärme überhaupt) eine solche von 3⁰. Bidder und Schmidt dagegen erhielten an einer verhungernden Katze eine Differenz von nur 1 ⁰ C. Wie dem auch sei, der Temperaturcyclus besteht selbst dann fort, wenn die Verdauung vollständig und anhaltend ausfällt.

C. Mehrtägige Perioden.

686.

Das Alterniren in den Intensitäten der Funktionen einen Tag um den anderen ist eine ziemlich häufige Erscheinung. Wird während einer langen Versuchsreihe Tag für Tag dieselbe Lebensweise beibehalten, so wechseln Tage mit höheren und niederen Harnmengen oft in ununterbrochener Folge mit einander ab. In einer 32tägigen Versuchsreihe von Bischoff und Voit an einem Hunde kommen sogar nur 4 Ausnahmen vor. Dieser Typus, der auch für den Harnstoff wiederkehrt (Kaupp), ist sehr viel häufiger, als sich nach den Regeln der Wahrscheinlichkeitsrechnung erwarten lässt; die Erscheinung hat also einen tieferen organischen Grund. Auch beim Athmen scheint sie sich geltend zu machen. Sie dürfte wohl etwas reiner hervortreten, wenn man die Wirkungen unvermeidbarer äusserer Einflüsse, z. B. der Lufttemperatur, in Rechnung bringen würde.

Eine nähere Prüfung des Ganges der normalen Funktionen wird ohne Zweifel zur Constatirung bestimmter, mehrere Tage einschliessender Cyclen führen. Schon die Erscheinungen des pathologischen dreitägigen, viertägigen, vor allem aber des (selten aber unläugbar vorkommenden) siebentägigen Rhythmus und der so merkwürdigen Multipla des letztern, wohin auch die Menstruation gehört, deuten darauf hin. Auf diese Verhältnisse, sowie die bisher gemachten Versuche, mehrtägige Rhythmen im normalen Leben an verschiedenen Funktionen aufzuweisen, kann hier nicht eingegangen werden.

D. Jährliche Periode.

687. Aeussere Bestimmungsglieder.

Die Jahreszeiten üben auf den Organismus, direkt und indirekt, ebenso mannigfaltige als tiefgreifende Wirkungen aus. Unter den unmittelbaren Einflüssen sind die atmosphärischen, vor Allem die Lufttemperatur, bei weitem die wichtigsten. Nicht wenige Erscheinungen des gesunden und kranken Lebens, z. B. die Intensität des Stoffwechsels, der Wärmeproduktion, der Gesammtmortalität, folgen in ihrem jährlichen Ablauf mehr oder weniger dem Gang der Temperaturcurve. Als indirekte Bestimmungsglieder sind vorzugsweis die mit den Jahreszeiten wechselnden Nahrungs- und Beschäftigungsweisen zu nennen; doch stehen dieselben hinter den atmosphärischen Agentien bedeutend zurück.

Die Verrichtungen gehen überhaupt am Besten von Statten, wenn sie einem, innerhalb gewisser Grenzen sich bewegenden, jedoch nicht zu jähen, Wechsel unterworfen sind. Dadurch wird der Wechsel der Jahreszeiten, wie er in der gemässigten Zone erfolgt, von tiefgreifender, unser körperliches und geistiges Leben in hohem Grad fördernder Bedeutung. Das Tropenclima macht schon vermöge seiner grösseren Constanz, abgesehen von vielen sonstigen Ursachen, den Menschen nicht bloss gegen die Natur, sondern auch gegen vieles Andere gleichgültiger und unempfänglicher.

Die wichtigsten meteorologischen Einflüsse bieten folgende durchschnittlichen Intensitätswerthe in den einzelnen Monaten.

	Temperatur in R⁰.	Differenz der Temperaturextreme desselben Tages	Barometerhöhe in Millim.	Luftfeuchtigkeit in %
Ort:	Frankfurt	Halle	Halle	Halle
Jan.	— 0,24⁰	1,89⁰	754,64	85,0
Febr.	2,08	3,38	753,44	79,9
März	4,24	4,04	751,62	76,4
April	7,60	6,32	750,98	71,4
Mai	11,44	7,47	752,57	69,1
Juni	14,00	7,40	752,70	69,7
Juli	15,14	7,36	753,27	66,5
Aug.	14;99	7,14	752,18	66,1
Sept.	12,18	6,42	753,42	72,8
Oct.	7,66	5,42	755,55	78,9
Nov.	3,98	2,76	753,27	85,3
Dec.	1,00	1,67	754,10	86,2

688. Innere Bestimmungsglieder.

Die, mit den Jahreszeiten cyklisch wechselnden äusseren Einflüsse des vorigen § kommen nicht bloss hinsichtlich ihrer momentanen Wirkungen in Betracht, es handelt sich z. B. in einem bestimmten Zeitpunkt des Sommers nicht ausschliesslich um die augenblickliche Temperatur, Luftfeuchtigkeit u. s. w., sondern auch (s. analoge Verhältnisse der täglichen Zeit in 684) um die Impressionen, welche der Organismus durch die voraufgegangenen meteorologischen und sonstigen Einflüsse empfangen hat. Im Sommer z. B. bildet der Körper nicht nur weniger Wärme, sondern es wird auch seine Fähigkeit zur Wärmeproduktion herabgesetzt; desshalb ist im Herbst die Widerstandsfähigkeit gegen Kälte geringer als im Frühling und eine Temperatur, die uns in letzterer Jahreszeit warm vorkommt; erscheint uns kalt in ersterer (W. Edwards). Je nach dem Grad, der Dauer, Gleichmässigkeit u. s. w. dieser Einflüsse wird der Körper in Stimmungen versetzt, welche die Gestaltung seiner Funktionen und deren Reaktionsweise gegen äussere Agentien in den einzelnen Jahreszeiten beeinflussen und die namentlich auch für die pathologische Aetiologie von Wichtigkeit sind.

Anderweitige Thatsachen sprechen für die Existenz cyklisch auftretender Körperstimmungen, die aber keineswegs als Nachwirkungen voraufgegangener äusserer Einflüsse aufgefasst werden können, sondern als Beispiele von periodisch mit den Jahreszeiten zur Wirksamkeit gelangenden, von den letzteren aber an sich unabhängigen, im Organismus selbst liegenden Ursachen, die freilich keine nähere Analyse zulassen. Die cyklischen Veränderungen des Organismus während der Jahreszeiten sind von dem speciellen Charakter eines bestimmten Jahrganges theilweis, unter Umständen selbst in hohem Grade, unabhängig. Die Brunst z. B. tritt in vielen Thieren im Frühjahr in derselben Zeit ein, der Winter mag warm oder kalt gewesen sein. Ein kühler Sommer bedingt ein Verhalten unseres Stoffwechsels, Erscheinungen der Morbilität u. s. w., welche von dem Verhalten im gewöhnlichen Sommer zwar abweichen, jedoch nicht in dem Grade, als man bei der veränderten Luftbeschaffenheit erwarten möchte. Im Frühling bietet der

Stoffwechsel eine Beschleunigung, überhaupt unser ganzes Befinden Veränderungen, die wenigstens nicht ausschliesslich durch äussere Momente erklärt werden können. Möglicherweise sind hereditäre Einflüsse hier in erster Linie maassgebend. Durch eine lange Reihe von Generationen dürfte sich ein bestimmter, den Jahreszeiten der Gegend entsprechender, Typus der cyklischen Funktionirungen ausgebildet haben und zwar um so mehr, als besonders diejenigen Individuen zur Fortpflanzung beitragen, welche für das gegebene Klima die grösste Accommodationsfähigkeit besitzen (C. Darwin).

Was die Einzelfunktionen im Verlauf des Jahres betrifft, so muss auf die betreffenden Paragraphen des Abschnittes XXX verwiesen werden; wir haben hier nur noch wenige Specialerscheinungen zu erörtern.

689. Generative Thätigkeiten.

Die Zeugung zeigt in der ganzen organischen Welt ein in hohem Grade periodisches Verhalten. Bei jeder Thierart ist die Brunst auf eine bestimmte Jahreszeit beschränkt, selten auf mehrere. Auch hat die Dauer der Brunst ihre inneren organischen Ursachen; bei den Schafen z. B. ist sie sehr kurz und nach ihrer Beendigung lässt das Weibchen den Widder nicht mehr zu, es mag befruchtet sein oder nicht. Es giebt zwar zu allen Zeiten trächtige Thiere, doch ist das Frühjahr in vielen Genera die begünstigte Jahreszeit.

Auch auf die menschlichen Geburten äussern die Jahreszeiten einen grossen Einfluss (Villermé). Die Geburten bieten eine erste Zunahme im Winter (Januar bis März oder April), eine zweite, kleinere zu Anfang des Herbstes. Die meisten Conceptionen erfolgen also 1) vom April bis Juni und 2) im December; die wenigsten 1) vom September bis November und 2) zu Ende des Winters.

Das zweite kleinere Maximum im December hängt wohl von socialen Momenten ab, während das erste Maximum offenbar in organischen Ursachen begründet ist. Es wird somit im Frühling sowohl der Frau eine grössere Conceptionsfähigkeit, als auch dem Mann eine erhöhte Zeugungskraft zukommen. In einer die Erstgeburten ausscheidenden Statistik dürften diese Einflüsse noch stärker hervortreten.

12,000 Geburten vertheilen sich in den einzelnen (gleichlang angenommenen) Monaten folgendermaassen:

Monate der Geburten	Sardinien 1828—1837	Belgien 1840—1849	Holland 1840—1849	Schweden 1851—1855	Monate der Conception.
Januar	1016	1065	1094	1013	April
Februar	1101	1157	1155	1046	Mai
März	1100	1150	1128	1056	Juni
April	1078	1078	1016	1006	Juli
Mai	989	1002	921	982	August
Juni	895	945	855	960	September
Juli	943	903	848	922	October
August	944	920	950	912	November
September	1004	956	1025	1116	December
October	1010	934	1000	1033	Januar
November	984	931	991	975	Februar
December	936	959	1017	979	März
Mittel:	1000	1000	1000	1000	

690. Mortalität.

Die Mortalität in Europa steigt in der kalten Jahreszeit und sinkt in der warmen. Die Vergleichung des Ganges der Sterblichkeit und der mittleren Lufttemperatur in den einzelnen Monaten des Jahres führt zur Annahme eines grossen direkten (und indirekten) Abhängigkeitsverhältnisses des Sterbens von der Luftwärme. Ein strenger Parallelismus beider Curven findet allerdings nicht statt und es müssen noch andere Faktoren, von jedenfalls untergeordneterer Bedeutung, als wirksam anerkannt werden. Das Maximum des Sterbens fällt in manchen Ländern erst in das Ende des Winters. Es ist somit eine auch physiologisch bedeutungsvolle Thatsache, dass diejenigen Jahreszeiten, in welchen die meisten Körperfunktionen gesteigert sind, auch eine höhere Mortalität bedingen (analoge Verhältnisse des täglichen Cyklus s. 683).

Von 12,000 Sterbfällen des Jahres kommen auf:

	Baiern 1844—1851	Sachsen 1847—1849	Holland 1840—1849	Dänemark 1845—1854
Jan.	1143	1153	1191	1084
Febr.	1243	1030	1094	1114
März	1278	1051	1097	1179
April	1186	1066	1020	1179
Mai	978	1041	947	1108
Juni	876	918	941	965
Juli	828	876	917	971
August	855	975	954	882
Sept.	880	976	992	801
Oct.	879	924	908	828
Nov.	919	985	918	909
Dec.	935	1005	1020	980

Die höheren Thiere zeigen eine viel grössere Widerstandskraft gegen die Jahreszeiten als die niederen; das Menschengeschlecht aber hat sich, vermöge der zahlreichen Hülfsmittel, die ihm sein Culturzustand bietet, von diesem Einfluss verhältnissmässig am meisten unabhängig gemacht. Gleichwohl bewegt sich die Widerstandskraft innerhalb engerer Grenzen, als man von vorne herein erwarten möchte. „So zeigt z. B. die Mortalität im Ablauf des Jahres bei der städtischen Bevölkerung eine nur wenig geringere Abhängigkeit von der Lufttemperatur, als bei der ländlichen Bevölkerung (Quetelet), obschon die erstere gegen direkte Witterungseinflüsse sich besser zu schützen im Stande ist. In kräftigen Organismen ist die Widerstandskraft sehr viel grösser, als in schwächlichen; desshalb zeigen Kinder in der ersten Lebenszeit, Greise, sowie Kranke überhaupt, die verhältnissmässig grösste Abhängigkeit von den Einflüssen der Jahreszeiten.

Embryologie.

691. Aufgaben.

Die Entwickelung des Thierleibes aus dem Ei ist Schritt für Schritt gekannt, freilich nicht nach den, derselben zu Grund liegenden Kräften, sondern, wie die Befruchtung, nur nach ihren äusseren Bedingungen und Erscheinungen. Schon vor hundert Jahren zeigte, seiner Zeit weit voranschreitend, Caspar Friedrich Wolff, dass am Embryo die allmälige Bildung der Theile erforscht werden könne; es gelang ihm aber nicht, die auf diesem Gebiete hergebrachten Speculationen und oft höchst abentheuerlichen Hypothesen zu verdrängen. Hat man doch sogar geglaubt, dass im Ei oder in einem Samenfaden der ganze Mensch *en miniature* fertig enthalten sei! Die Embryologie bildet einen der vollendetsten Abschnitte des descriptiven Theiles der Physiologie. Die Anregung zu dem Aufschwung der neueren Entwickelungsgeschichte ist von Döllinger ausgegangen, dessen Schüler Pander und namentlich v. Bär, sowie Meckel, Tiedemann, Rathke, Johannes Müller, Bischoff und Remak zum Aufbau dieser, wir dürfen sie wohl so nennen, deutschen Wissenschaft, am meisten beigetragen haben.

Die Aufgaben der physiologischen Embryologie sind: 1) Entwickelung und Aufbau der Hauptgrundlagen, 2) Entwickelung der äusseren Leibesform und der Appendicaltheile, 3) specielle Ausführung der Einzelorgane und 4) Functionen des Fötus.

Da es sich bloss um die Grundlehren und vor Allem um die Auseinandersetzung des für den Anfänger so schwierigen Zusammenhanges der Formfolgen der Organe handelt, wobei kein wesentlicher Zwischenzustand unvermittelt gelassen werden darf, so kann, ja muss von der Histologie des Embryo und der in neuester Zeit besonders kultivirten Histogenesis (Schwann, Valentin, Kölliker und Remak) abgesehen werden. Diese Aufgaben gehören vorerst noch viel passender in die Gewebelehre. Auch müssen wir uns auf den Menschen beschränken und von der Entwickelung des Hühnchens im Ei Umgang nehmen, welches, als das am Leichtesten zu beschaffende Untersuchungsmaterial, den besten Ausgangspunkt der embryologischen Studien bildet. Die angeborenen Missbildungen bieten der Embryologie wichtige Erweiterungen und wesentliche Bestätigungen ihrer Anschauungen und Lehrsätze, indem sehr viele dieser Anomalien von vorübergehenden normalen Entwickelungszuständen abgeleitet werden können. Die perennirenden Zustände von Organen und Organtheilen niederer Wirbelthiere zeigen oft höchst bemerkenswerthe

Analogieen mit fötalen Zuständen der höheren Thiere und des Menschen, was bei der Einheit des Organisationsplanes im Ganzen und Grossen nicht auffallen kann. Diese umfassenden Aufgaben bleiben hier nothwendig ausgeschlossen.

XXXII. Fundamentaltheile und Hüllen des Embryo.

A. Uranlage des Embryo.

692. Vorgänge im Ei bis zur Uranlage des Embryo.

Das aus dem Eierstock ausgetretene Ei (555) besteht aus Zona pellucida *(z)*, Dotter (*d*), Keimbläschen (*k*) sammt Keimfleck (Fig. 144). Es ist noch umgeben von den (zum Theil spindelförmigen) Zellen der Körnerschicht (*m*), welche in dieser Periode auch durch Volumvermehrung des Eies von Wichtigkeit ist, bald aber verschwindet. Die nächste Wirkung der Befruchtung ist die, von Prevost

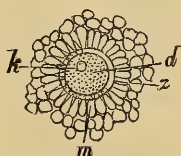


Fig. 144.

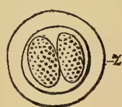


Fig. 145.

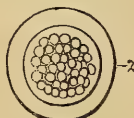


Fig. 146.

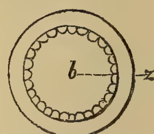


Fig. 147.

und Dumas zuerst näher gewürdigte Dotterfurchung; Keimbläschen und Keimfleck schwinden, bald ist die Dottermasse in 2 Theile gespalten (Fig. 145), diese zerfallen wieder je in 2 und so fort, bis schliesslich der ganze Dotter in eine grosse Zahl Kugeln (von $\frac{1}{100}$ — $\frac{1}{50}$ Linie Durchmesser nach Bischoff) zerlegt ist und dadurch das maulbeerartige Ansehen von Fig. 146 gewinnt. Die oberflächlichsten Furchungskugeln wandeln sich in Zellen um, legen sich an die Innenwand der Zona pellucida (Fig. 147), und bilden durch ihre Verschmelzung die dünne, durchsichtige Keimblase (*b*), welche die hellgewordene Dotterflüssigkeit einschliesst. Man unterscheidet jetzt an dem, etwa $\frac{1}{2}$ Linie grossen Ei: Zona pellucida, Keimblase und deren halbflüssigen Inhalt.

An einer Stelle der Keimblase bildet sich durch vermehrte Zellenanhäufung eine Verdickung: der sog. Fruchthof (Embryonalfleck) von kreisförmiger Gestalt. Bald aber trennt sich der Fruchthof, wie Pander zeigte, in zwei Schichten: das äussere und innere Keimblatt, welche vom Fruchthof aus, allmälig weiter wachsen. Endlich ist (s. Fig. 148) die ganze Keimblase, ihrer Dicke nach, in zwei konzentrisch über einander liegende Keimblätter gespalten.

Zwischen den beiden letzteren entsteht im Fruchthof das mittlere Keimblatt, welches aber (Fig. 149.) die Grenze des Fruchthofes nicht überschreitet.

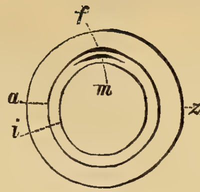


Fig. 149.

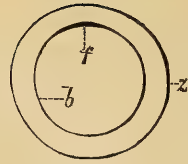


Fig. 148.

Durchschnitt des Eies.
a äusseres, *i* inneres, *m* mittleres Keimblatt, *f* (beide Figg.) Fruchthof. *z* Zona pellucida. *b* Keimblase

Aber auch in der Richtung der Breite erfolgt unterdessen eine Sonderung; der Fruchthof hellt sich in seiner Mitte auf und man unterscheidet (Fig. 150): 1) einen inneren, runden, hellen Kreis: heller Fruchthof (die Zellen des inneren Keimblattes sind hier heller) und 2) einen äusseren, weniger durchsichtigen Kreis: dunkeler Fruchthof, veranlasst durch stärkere Zellenanhäufung im peripheren Theil des inneren Keimblattes.

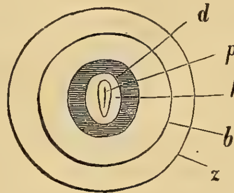


Fig. 150.

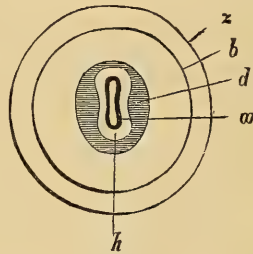


Fig. 151.

Aeussere Ansicht des Eies. *h* heller Fruchthof; in dessen Mitte der von den Rückenwülsten *w* umgebene Primitivstreif *p* (letzterer ist in Fig. 151 weiss), *d* dunkler Fruchthof, *b* Keimblase, *z* Zona pellucida.

Die Zellen der Keimhaut stellen das Material dar, aus welchem der Embryo und seine Annexa zunächst aufgebaut werden, also die ersten wahren embryonalen Bildungszellen. Die Hauptaufgaben dieses ersten Stadiums sind demnach: Dotterfurchung und Keimhautbildung.

693. Erste Anlage des Embryo.

In dem, durch endosmotische Säfteaufnahme gewachsenen, etwa 3—4 Linien grossen Ei entsteht in der Mitte des hellen Fruchthofes, und zwar durch Verdickung des äusseren und mittleren Keimblattes, ein schmaler länglicher Streif: der Primitivstreif Bär's als erste Anlage bestimmter Embryonalgebilde, nämlich des Centralnervensystems und seiner Umhüllungen (zweite Woche). Die Ränder des Streifes erheben sich zu zwei Wülsten. Diese, die sog. Rückenwülste, schliessen somit anfangs eine Rinne ein (s. die Durchschnittsfigur 152); die freien Ränder der Wülste rücken aber gegeneinander, stossen später zusammen und bilden ein Rohr (Fig. 153): das Medullarrohr. Die innere (dem äusseren Keimblatt angehörige) Lage der Röhrenwandung stellt die Uranlage des Centralnervensystemes dar (das Medullarrohr im engeren Sinn nach Einigen; wir brauchen den Ausdruck zweckmässiger in der

oben erwähnten allgemeinen Bedeutung). Die äussere (dem mittleren Keimblatt angehörende) Lage des Rohres ist dagegen die Uranlage der späteren knöchernen Umhüllungen des Centralnervensystems und der anliegenden Muskeln. In dieser Anlage ist die Wirbelsaite (Chorda dorsalis) eingeschlossen, der Axentheil der späteren Wirbelkörper und der Schädelbasis. In dem vorderen, weiteren, drei Ausbuchtungen zeigenden Abschnitt des Medullarrohres bildet sich das Hirn, in dem hinteren schmäleren Theil das Rückenmark.

Der, ursprünglich runde, helle Fruchthof wird grösser und zeigt zugleich auffallende Formveränderungen: er wird oval, birnförmig, endlich biscuitförmig (Fig. 151), der dunkle Fruchthof bleibt rundlich.

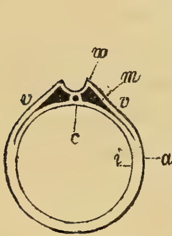


Fig. 152.

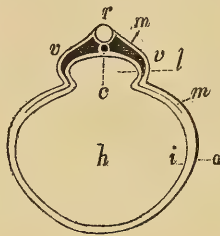


Fig. 153.

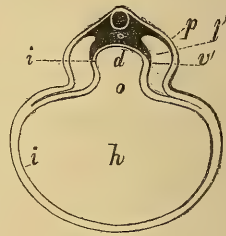


Fig. 154.

Fig. 152—154 Durchschnitte durch Embryo (von rechts nach links) und Keimblase. Fig. 153 und 154 gehören vorzugsweise zu §§ 694 und 695.

a Aeusseres; *m* mittleres, *i* inneres Keimblatt. *c* Querschnitt der Chorda dorsalis. *w* Rückenwülste und seitwärts von diesen die Visceralplatten *v* (gebildet aus allen 3 Keimblättern). In Fig. 153 ist das Medullarrohr *r* schon hergestellt und die primäre Leibeshöhle *l* in eben beginnender Abschnürung von der Höhle *h* der Keimblase. Fig. 154 zeigt die Spaltung der Visceralplatten in das parietale *(p)* und viscerale *(v')* Blatt, und zwischen beiden die definitive Leibeshöhle *l'*. Die Darmrinne *d* communicirt mit der Höhle der Keimblase durch den Ductus omphalo-mesaraicus *o*.

694. Primäre Leibeshöhle.

Die Embryonalanlage stellt anfangs nur eine schwache Verdichtung der Keimblase dar; sie liegt fast flächenhaft im Fruchthof. Man unterscheidet (s. die, übrigens ein vorgeschritteneres Stadium repräsentirende Fig. 155) 1) ein Kopf- und Schwanzende, 2) eine Rücken- und Bauchseite und 3) zu beiden Seiten der Rückenwülste die sog. Visceralplatten oder Seitenplatten (Fig. 153): die Uranlagen der Seitenhälften des Leibesrohrs. Die Bauchseite ist anfangs ganz offen gegen die Höhle der Keimblase; später rollen sich die Visceralplatten nach der Bauchseite ein und zwar vorn und hinten, sowie von beiden Seiten. Die vordere und hintere Umbiegung heissen Kopf- und Schwanzkappe. Der etwa 1 Linie lange Embryo schliesst dadurch eine Rinne (Fig. 153 *l*) ein: die primäre Leibeshöhle (vierte Woche). Am Kopftheil des Embryo sind die Visceralplatten beiderseits durch Spalten in mehrere, ungefähr recht-

winklig zur Längsaxe des Embryo stehende Wülste getheilt: die Visceralbögen (Fig. 155 *v*).

695. Primäres Darmrohr.

Jede Visceralplatte spaltet sich in zwei Blätter: ein äusseres (parietales), und inneres viscerales (Fig. 154). Die abgespaltenen inneren Blätter wachsen einander entgegen zur Bildung des anfangs rinnenförmigen Darmrohres. Dieses Entgegenwachsen geschieht somit in dem Raum der bisherigen primären Leibeshöhle. Die Spaltung selbst aber erfolgt nur in der, vom mittleren Keimblatt gebildeten Schicht der Visceralplatten. Die nächsten Resultate dieses, vorzugsweis von Remak erkannten, Vorganges sind, wie aus Fig. 154 erhellt, folgende 1) Bildung der definitiven Leibeswand; diese besteht aus einer äusseren Schicht, die dem äusseren Keimblatt angehört, und einer inneren Schicht, herrührend vom äusseren parietalen Blatt des mittleren Keimblattes. 2) Anlage des primären Darmrohres. Dasselbe ist aus zwei Schichten zusammengesetzt, wovon die innere dem innern Keimblatt angehört, die äussere dagegen dem von der Leibeswand abgespaltenen visceralen Blatt des mittlern Keimblatts. Anfangs verläuft die Darmrinne gerade in der Längsaxe des Embryo, und trennt dadurch die zu beiden Seiten liegenden Cavitäten, die 3) Anlagen der definitiven Leibeshöhle (*l'* Fig. 154). Die Darmrinne wird aber allmälig in ihrem ganzen Verlauf zum Darmrohr geschlossen und zugleich von der definitiven Leibeswand abgelöst. Dadurch verschmelzen die beiden seitlichen Leibeshöhlen zu einer gemeinsamen Cavität.

Nur an einer Stelle schliesst sich das Darmrohr nicht; hier steht demnach der Darm mit der Höhle der Keimblase (die später Nabelblase heisst) in offener Communication und zwar durch den, zunehmend enger werdenden Nabelblasengang (Ductus vitello-intestinalis oder omphalo-mesaraicus, Fig. 154). Der Embryo selbst schnürt sich immer mehr ab von der Nabelblase und hängt am Ende mit dieser nur noch an einer Stelle zusammen: dem »Hautnabel« (im Gegensatz zum »Darmnabel«), durch den der Nabelblasengang hindurchgeht.

696. Primäres Gefässsystem.

Im mittleren Blatt des Fruchthofes tritt ferner noch die Uranlage des Centralgefässsystems auf. Am vorderen Ende des (durch die Abspaltungen im mittleren Keimblatt gebildeten) visceralen Blattes des Leibesrohres entsteht eine Wucherung, die Uranlage des Herzens, die in den vordersten Theil der allgemeinen Leibeshöhle hineinwächst. Das Herz ist anfangs nach Remak und Kölliker eine solide Zellenmasse, welche durch Bildung einer centralen Höhlung in einen einfachen geraden Schlauch sich umwandelt. Dabei werden die inneren, nicht zur Herzwand verwandten Zellen durch grössere Mengen Intercellularflüssigkeit von einander getrennt und stellen Blutkörperchen dar. Der

Herzschlauch ist anfangs abgeschlossen, bald aber geht sein vorderes Ende über in ein arterielles Gefäss (Truncus arteriosus communis), dessen Zweige die Stammgebilde des Embryo sowie die Nabelblase mit Blut versorgen. Die von diesen beiden Theilen das Blut zurückführenden Venen senken sich mittelst eines gemeinsamen Gefässes in das Hinterende des Herzschlauches ein (719).

Im Verlauf der 3. oder im Anfang der 4. Woche, also in sehr kurzer Zeit, ist die Grundanlage der Hauptgebilde des, nunmehr 2—$2^1/_2$ Linien langen Embryo, fertig. Ehe zu dem Aufbau der Einzelorgane übergegangen wird, ist noch zu schildern: die Bildung der Eihüllen, die Verbindung der Frucht mit der Mutter und die, zum Verständniss des Specielleren nothwendigsten Thatsachen betreffend die Bildung der äusseren Leibesform.

B. Embryonalhüllen.

697. Fötale Eihüllen.

I. *Innere Eihaut, Amnion.* Das äussere Blatt der Keimblase (Nabelblase) hebt sich ab von dem inneren Blatt, um sich an die Zona pellucida anzulegen. Die Abhebung geschieht bloss an der Keimblase, nicht aber am Embryo selbst; dadurch entsteht zunächst rings um den Embryo eine wallförmige Faltung, die Amnionfalte (Fig. 155). Die auf diese Weise gebildete Oeffnung schliesst sich wie die Oeffnung eines Beutels, durch allseitiges Entgegenwachsen des ovalen Faltenrandes, über dem Rücken des Embryo (3. Woche).

Die Metamorphosen der Amnionfalte hat v. Bär aufgeklärt. Die Falte besteht aus zwei Platten. Die innere Platte überzieht, nach der Vereinigung der Amnionfalte, den Embryo als ein geschlossenes Säckchen: Schafhaut, Amnion. Dasselbe umgiebt anfangs, als zartes kleines, mit etwas Flüssigkeit (Amnioswasser) gefülltes, Bläschen den Rücken und die seitlichen Theile des Embryo. Da das Bläschen ausgeht von den Rändern der Visceralplatten des Embryo, so muss es, mit zunehmender Abschnürung des Letzteren von der Nabelblase, also mit zunehmender Verengerung des sogen. Hautnabels, den Embryo auch von der Bauchseite her immer mehr umschliessen. Der Embryo wird desshalb nach und nach in das Amnion förmlich eingestülpt und dadurch von allen Seiten von der Amnionflüssigkeit umgeben.

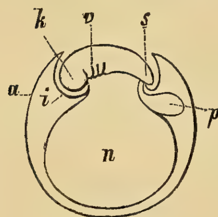


Fig. 155.
k Kopfende, *s* Schwanzende des Embryo, *v* Visceralbögen; *a* äussere und *i* innere Amnionfalte. *p* Allantois. *n* Nabelblase.

Die äussere Platte der Amnionfalte legt sich an die Innenseite der Zona pellucida und stellt somit eine geschlossene Membran dar (sog. seröse Hülle oder falsches Amnion), welche das Amnion selbst und den Embryo sammt der Nabelblase einschliesst.

II. *Mittlere Eihaut, Chorion.* Die Grundlage derselben ist die Zona pellucida des Eierstockeies. An der Aussenfläche der letzteren sprossen, bald nach

dem Eintritt des Eies in den Uterus, Zotten hervor; die Zona heisst nunmehr Chorion. Die Zotten werden zahlreicher, länger und verästeln sich immer mehr. Mit der Innenfläche des Chorions verschmilzt die seröse Hülle (als sog. Endochorion).

698. Mütterliche Eihüllen.

Die äussere Eihaut heisst Membrana decidua. Die Schleimhaut des Uterus bereitet sich schon während der Menstruation vor zur Aufnahme des Eichens; sie wird sehr blutreich, in allen ihren Schichten bedeutend dicker, und gewinnt wegen der stark geschwellten Weber'schen Uterindrüsen ein siebförmiges Aussehen, während zugleich ihr Zusammenhang mit der Muskelschicht des Uterus sich lockert. Die Uterusschleimhaut selbst verwandelt sich, wie W. Hunter, Seiler, Sharpey und E. H. Weber zeigten, in die äussere Eihülle: die Decidua. Das Ei, nach seinem Eintritt in die Uterushöhle, adhärirt irgendwo an der Schleimhaut; letztere umwächst alsdann durch Wucherung kapselartig das Ei, und stellt somit das Nest dar, in welches das Ei, nämlich die zwei inneren Eihüllen sammt Embryo, eingelagert ist. Diese Schleimhautkapsel vergrössert sich, sammt dem Ei, immer mehr und legt sich im 3. Monat an die Uterusschleimhaut (Decidua) an, um mit derselben vollständig zu verwachsen.

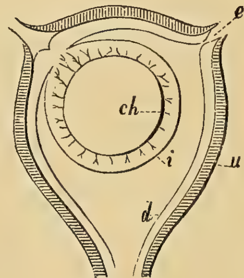


Fig. 156.

e Eileiter. *u* Uteruswand. *d* Decidua externa, *i* Decidua interna. *ch* Chorion.

Früher stellte man sich den Vorgang anders vor; man glaubte, die Tubenmündungen des Uterus schlössen sich durch die sich aufwulstenden benachbarten Schleimhautränder und das Eichen stülpe, bei seinem Eintritt in den Uterus, die Schleimhaut ein; man unterschied desshalb 1) Decidua reflexa, den eingestülpten Theil der das Ei zunächst umgiebt (unsere „Schleimhautkapsel"), und 2) Decidua vera, die äussere Schicht. Besser sind die Bezeichnungen Decidua externa und interna.

699. Varietäten der Eihüllen.

Die drei Eihäute zerfallen nach Obigem in 1) die mütterliche Hülle, Decidua, das Nest des eigentlichen Eies; 2) das, wenigstens der Grundlage nach, von der äussersten Haut des Eierstockeies herrührende Chorion und 3) das aus der Keimblase, resp. den Embryonalrändern, hervorgehende Amnion.

Zwillinge, Drillinge u. s. w. sind immer von einer gemeinschaftlichen Decidua externa umschlossen; die übrigen Membranen sind entweder 1) ebenfalls einfach; dann liegen die Früchte in einer einzigen, zunächst von Amnion begrenzten Höhlung, oder 2) sie sind gesondert: jede Frucht ist demnach umschlossen von einer Specialhülle, bestehend aus Decidua interna, Chorion und Amnion, oder endlich 3) es kommen Uebergangsformen zwischen 1) und 2) vor,

und zwar a) gemeinsame Decidua interna, getrenntes Chorion und Amnion und b) gemeinsame Decidua interna und Chorion, aber getrenntes Amnion, in welch letzterem Fall beide Embryonen aus einem Ei mit gedoppeltem Dotter entstanden sein können. Die Placenten der Zwillinge u. s. w. sind durch Verschmelzung in der Mehrzahl der Fälle einfach, aber sehr gross; über die innere Placentenfläche zieht sich eine Scheidewand, die durch die zusammenstossenden Eihäute beider Früchte gebildet wird.

Das Amnion, welches vom Embryo selbst stammt, ist immer doppelt, kann aber durch Resorption der Scheidewände beider Amnionhöhlen einfach werden. Dieselbe nachträgliche Veränderung kann auch das ursprünglich gedoppelte Chorion erleiden.

700. Allantois.

Am hinteren Ende der Leibeshöhle bildet sich ein Säckchen, die Allantois; dasselbe ist, wie es auch entstanden sein mag, jedenfalls sehr bald in offener Communication mit dem hintersten Theil des Darmrohres. Die Allantois wird von Manchen als eine Ausstülpung des Darmes angesehen (s. Fig. 155), nach Anderen ist sie aber schon vor der Bildung des Darmrohres vorhanden. Bei ihrer Weiterentwicklung tritt sie neben dem Ductus omphalo-mesentericus aus der Nabelöffnung hervor und wächst weiter zwischen Amnion und Chorion. Aus dem Anfang der Allantois (*u* Fig. 157) bildet sich die Harnblase, die demnach mit dem untersten Darmabschnitt communicirt, und in welche die Ausführungsgänge der Vornieren (733) münden. Der folgende Theil der Allantois bis zum Nabel wird zum Urachus, der ausserhalb der Leibeshöhle gelegene und weiter wachsende blindsackige Theil der Allantois füllt sich mit etwas Flüssigkeit, die theilweis wenigstens von den Vornieren herrührt und demnach eine Art Harn darstellt. Beim Menschen schwindet das Allantoissäckchen schon im Verlaufe des zweiten Monates; bei vielen Thieren, z. B. Wiederkäuern, wächst es weiter, bleibt mittelst des Urachus mit der Harnblase in Verbindung und enthält in den späteren Perioden der Schwangerschaft eine ziemliche Menge einer alkalischen, meistens trüblichen Flüssigkeit. Unter den Bestandtheilen sind zu nennen, ausser den gewöhnlichen Mineralstoffen, kleine Mengen Eiweiss, Zucker, ferner Harnstoff und das mit diesem verwandte Allantoin. Die Allantoisflüssigkeit hat anfangs

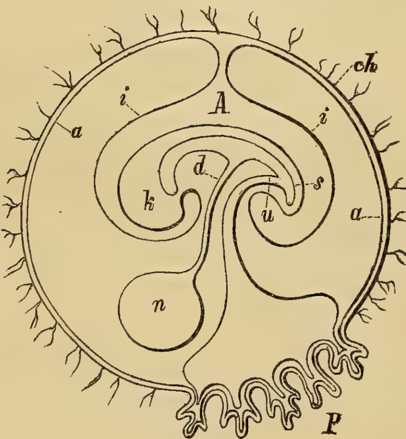


Fig. 157.
ch Chorion. *a* äussere Amnionplatte (Endochorion) — *i* Amnion (innere Platte). *A* Amnionhöhle, im Beginn der Bildung. *k* und *s* Kopf- und Schwanzende des Embryo. *d* Ductus omphalomesentericus, *n* Nabelblase. *u* Urachus. *P* Placenta; letztere repräsentirt einen viel späteren Zeitraum als die übrigen Theile der Figur.

ein specifisches Gewicht von 1008 und etwa 1 % feste Bestandtheile; später steigt das specifische Gewicht bis auf 1025, mit etwa 4—5 % Fixa, wobei die organischen Substanzen immer mehr vorschlagen (C. Schmidt).

701. Placenta.

Mit der Allantois wachsen Blutgefässe (2 Nabelarterien. 1 Nabelvene) hervor, die Haupttheile der späteren Nabelschnur. Die Gefässe senken sich ein in eine beschränkte Stelle des Chorions, um sich in deren Chorionzotten zu verästeln (Fig. 157 *P*). Diese Zotten, welche aus einer Grundlage von Bindegewebe und einem Epitelialüberzug bestehen, werden gerade hier besonders gross, zahlreich und stark verästelt; in jede Zotte senkt sich eine kleine Arterie, die mittelst einer reichlichen, oberflächlichen Capillarität in eine, das Blut aus der Zotte abführende Vene (Anfang des Systems der Nabelvene) übergeht.

Ausser den Chorionzotten und den fötalen Nabelgefässen entwickelt sich aber andererseits auch der, dieser Stelle entsprechende Theil der Decidua sammt den mütterlichen Blutgefässen. Die Muskelfaserschicht des Uterus giebt zahlreiche kleine Arterien ab, welche sich in die Decidua verästeln und in Capillaren übergehen. Letztere bieten, obschon ihr Lumen sehr zunimmt, anfangs immer noch den gewöhnlichen Typus der Capillargefässe; später aber gehen ihre, immer dünner gewordenen, distinkten Wandungen zu Grunde. Nunmehr ist dieser Theil der Decidua durchzogen von (1/8—3/4 Linie) weiten blutführenden Hohlräumen, die sich derartig entwickeln, dass von der ursprünglichen Deciduagrundlage fast nichts mehr übrig bleibt. Die Blutzufuhr zu diesen Räumen geschieht durch kleine arterielle Zweigchen, die Blutabfuhr durch verhältnissmässig sehr starke Venen. In diese Hohlräume wachsen, wie E. H. Weber zeigte, die blutgefässreichen embryonalen Chorionzotten hinein; dadurch entsteht ein ungeheuerer endosmotischer Contact zwischen dem Blute der Mutter und der Frucht, der durch das bindegewebige Stroma und die Epitelialschicht der Zotten vermittelt wird. Offene Uebergänge zwischen den Blutgefässen der Mutter und der Frucht giebt es demnach nicht.

Beide Systeme von Gefässen verschmelzen immer mehr zu einem gleichmässigen Organ: Placenta, an dem man also ursprünglich zwei Theile unterscheidet: den kindlichen und den mütterlichen. Bei der Geburt wird die Placenta vom Uterus abgestossen und dadurch eine Blutung veranlasst.

Die Hauptaufgabe des Allantoissäckchens besteht somit darin, dass dasselbe bei seinem Weiterwachsen als Träger der embryonalen Blutgefässe dient, welche die Verbindung mit dem Blute der Mutter herzustellen haben.

702. Spätere Schicksale der Appendicaltheile.

Im zweiten Monat ist zwischen Amnion und Chorion noch ein relativ beträchtlicher Raum, der sog. Eiweissraum; das Amnion wächst aber stärker und legt sich am Ende des dritten Monates vollständig an das Chorion an. Die drei Eihüllen

sind von jetzt an bloss noch gesonderte Schichten eines einzigen Sackes. Das Amnion, als innerste Haut des ganzen Sackes, überzieht das Chorion, sammt der Placenta und setzt sich von letzterer aus weiter, indem es die Nabelschnur bis zur Nabelhaut der Frucht umkleidet. Die immer blutreicher werdende Placenta ist später eine etwa ½—¾ Zoll dicke, rundliche Scheibe von 7—8 Zoll Durchmesser und 1—1½ Pfunde Gewicht. Das Chorion verliert in seinem ganzen Umfang, wo es sich nicht zur Placenta umbildet, die Zotten. Das Nabelbläschen (Dotterbläschen) entfernt sich immer mehr vom Embryo, indem der Ductus omphalomesentericus zunehmend länger wird und endlich in einen feinen Strang sich umwandelt, der meistens nach dem dritten Monat schwindet. Das Nabelbläschen selbst persistirt in der Placenta, jedoch als rudimentäres und physiologisch bedeutungsloses Gebilde. Bei vielen Säugethieren besteht es während des Fötallebens fort und nimmt selbst an Grösse zu; beim Menschen aber wird es nicht über 4—5 Linien gross.

703. Amniosflüssigkeit.

Dieselbe, auch Schaafwasser, Fruchtwasser genannt, variirt je nach der Fötalperiode und den Individuen ziemlich stark. Im Allgemeinen gleicht sie den serösen Flüssigkeiten; sie ist alkalisch, in der ersten Zeit wasserhell, später öfters trüblich durch beigemischte Epidermisplättchen des Embryo, Epitelien des Amnion u. s. w. Das specifische Gewicht beträgt 1007—1011, die festen Bestandtheile ½ bis fast 2 %, nämlich Eiweiss (1/10—⅓ %), kleine Mengen Zucker, wechselnde Antheile Harnstoff, relativ viele Mineralbestandtheile, namentlich Phosphate und Chlornatrium. In der Mitte der Schwangerschaft beträgt das Fruchtwasser 2—3 Pfunde, am Ende bloss noch etwa 1 Pfund; es ist ein Secret der Gefässe der Eihäute, vorzugsweis der kindlichen, und zwar der sehr feinen und verhältnissmässig sparsamen Gefässe, die, von den Nabelschnurgefässen aus, zwischen Amnion und Chorion verlaufen. Das Fruchtwasser bewahrt den Fötus vor mechanischen Insulten, vor allem aber die Nabelschnurgefässe vor schädlichem Drucke; es erleichtert die Bewegungen des Fötus und ist auch im Verlauf des Geburtsaktes von einer gewissen Bedeutung.

C. Bildung der äusseren Leibesform.

704. Hirnschädel.

In 693 wurde gezeigt, dass die sog. Rückenwülste zu einem Rohr sich schliessen: dem Medullarrohr. Das vordere, von Anfang an dickere, Ende des Rohres theilt sich schon am Ausgang der 3. Woche in 3 Erweiterungen, die Hirnblasen, deren innerste Schichten die anfangs sehr dünne Markmasse des Hirns darstellen, während die äusseren Schichten die Grundlagen der Umhüllungen des Hirns abgeben. Man unterscheidet: Hinterhirnblase: Anlage für verlängertes Mark, Kleinhirn, Brücke; Mittelhirnblase für Vierhügel

und Hirnschenkel; Vorderhirnblase für Sehhügel und Grosshirnhemisphären. Diese drei, anfangs hinter einander liegende, Blasen nehmen an Masse zu, jedoch in ungleichem Grade. Die Vorderblase beugt sich stark abwärts; die Mittelblase, anfangs die grösste, erhebt sich bedeutend über die beiden anderen und bildet mit ihnen zugleich starke Winkel (5. Woche), während die Hinterblase von dem Rückenmarkstheil des Medullarrohres durch einen auffallenden Knick, den sog. Nackenhöcker, sich abtrennt. Endlich entsteht eine leichte, in der Medianlinie der Schedeloberfläche von vorn nach hinten verlaufende Furche, als Andeutung einer Abtrennung der einzelnen Hirnblasen in eine rechte und linke Hälfte. Die Vorderhirnblase zeigt eine, von rechts nach links gehende, schwache Querfurche, dadurch ist die Scheidung in die Hemisphärenblase und die dahinterliegende, anfangs viel grössere, Sehhügelblase gegeben.

Im weiteren Verlauf der Entwickelung verschwinden diese Abschnürungen äusserlich und der Hirnschädel gewinnt eine rundlichere Form. Die Präponderanz der Vierhügelblase hört nämlich bald auf (7. Woche) und die Hemisphären des Grosshirns wachsen allmälig nach rückwärts über Sehhügel, Vierhügel und Kleinhirn. Dadurch wird das Hirn sammt seinen Umhüllungen schon am Ende des dritten Monates länglich rund, zum Unterschied vom Hirn der Säugthiere, deren Grosshirnhemisphären diese Präponderanz nicht gewinnen.

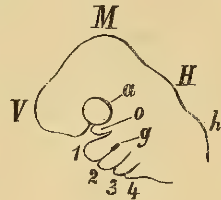


Fig. 158.
V Vorderhirnblase, *M* Mittel- und *H* Hinterhirnblase. *h* Nackenhöcker. *a* Auge. *o* Oberkieferlappen. 1—4 Visceralbögen. *g* Ohrgrube (s. 708.)

705. Mundöffnung und Visceralspalten.

Die erste Anlage des Gesichtes ist vorzugsweis charakterisirt durch die Entstehung der Mundöffnung. Der Darm löst sich (695) von der allgemeinen Leibeswand überall ab, mit Ausnahme seines Anfangs, wo er eine gewisse Strecke lang mit der Leibeswand verwachsen bleibt und zugleich auch am weitesten ist. Am Vorderende des Darmes, der primären Mundhöhle, geschieht ein Durchbruch (wie später am Hinterende zur Afterbildung); dadurch entsteht die Mundspalte als weite Oeffnung unter der Schedelbasis. Ausserdem erfolgen, wie Rathke entdeckte, auf beiden Seiten einige (4) Durchbrüche durch die Leibeswand vom Vordertheil des Darmrohres aus und zwar in Form länglicher, von der Rückenseite nach der Vorderseite verlaufender Spalten, die sog. Visceralspalten, die zwischen sich kleine Leisten lassen: die sog. Visceralbögen. Das erste Visceralbogenpaar wächst nach vorwärts und stosst in der Medianlinie zusammen. An der Basis

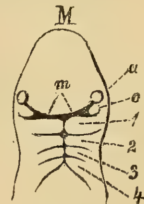


Fig. 159.
M Mittelhirnblase. — *m* Mundöffnung. *a* Auge *o* Oberkieferlappen. *1, 2, 3, 4* Visceralbögen.

des ersten Visceralbogens, unter dem Auge, entsteht jederseits der Oberkieferlappen.

706. Riechgruben.

Sehr frühe entsteht beiderseits ein rundliches ziemlich grosses Bläschen: das Auge, von dem vorerst abgesehen wird, sowie vor und unter jedem Auge eine Einstülpung: die (beim Fische permanent bleibende) primäre Riechgrube (v. Bär), als erste Anlage des Geruchsorganes. Die Oeffnung beider Grübchen entspricht den späteren Nasenlöchern. Die Grübchen wachsen blindsackig in die Tiefe, setzen sich aber auch durch eine oberflächliche Rinne (die »Nasenfurche«, Kölliker) mit der Mundöffnung in Verbindung.

An der Basis des Hirnschedels, resp. der obern Decke der primären Mundhöhle, bildet sich ein breiter, nach abwärts wachsender Fortsatz mit zwei seitlichen Flügeln, der sog. Stirnfortsatz. Der Oberkieferlappen, die Grundlage vorzugsweis des Oberkiefer- und Jochbeins, wächst nach aufwärts und einwärts, dem Stirnfortsatz entgegen, und vereinigt sich (7. Woche) mit ihm. Durch diese Verbindung wird das äussere Nasenloch vollkommen abgegrenzt, sowie die frühere »Nasenfurche« in einen Gang verwandelt. Beide »Nasengänge« münden demnach mit ihrem unteren Ende in den Vordertheil der primären Mundhöhle, mit ihrem obern Ende in die Riechgruben.

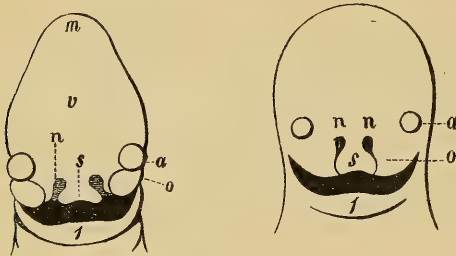


Fig. 160 und 161.

m Mittel- und *v* Vorderhirnblase. *a* Auge. *o* Oberkieferlappen, *s* Stirnfortsatz. *1* erster Visceralbogen. *n* Nasengrübchen, durch eine Rinne mit der Mundhöhle zusammenhängend. *n* (Fig. 161) Nasenlöcher.

707. Trennung der primären Mundhöhle.

Jeder Oberkieferlappen, der, wie bemerkt, beiderseits die Grundlage vorzugsweise des Oberkiefer- und Jochbeines bildet, schickt ein horizontales Leistchen nach innen. Letztere wachsen von den Seiten her einander entgegen, um, zur Bildung des harten Gaumens, in der Medianlinie zusammenzustossen (9. Woche). Zugleich wächst hinter dem Stirnfortsatz und verbunden mit demselben, im zweiten Monat die Nasenscheidewand nach abwärts. Der Gaumen verbindet sich mit dieser Scheidewand, während im unteren Ende des Stirnfortsatzes auch der Zwischenkiefer sich bildet. Dieser stellt den Vordertheil des Gaumen- und Zahnfortsatzes des Oberkiefers dar; in ihm entstehen die oberen Schneidezähne. Der Zwischenkiefer verschmilzt schon im Anfang des 3. Monates mit den Oberkieferbeinen. Durch diese Vorgänge des Gaumenver-

schlusses wird die primäre Mundhöhle in einen unteren Abschnitt: die definitive Mundhöhle, und einen oberen, respiratorischen Abschnitt: den Nasenrachengang, geschieden, welch letzterer zugleich durch die Nasenscheidewand in zwei seitliche Hälften abgetheilt wird. Jeder »Nasengang« mündet nunmehr in den Nasenrachengang seiner Seite. Indem die Nasengänge aber immer weiter werden, stellen sie nichts anderes dar, als die vordersten Theile der Nasenrachengänge und bilden mit diesen zusammen die unteren Parthieen der definitiven Nasenhöhlen, während die oberen Parthieen der letzteren (das Labyrinth) die Weitentwickelungen der Riechgruben sind.

Die Oberlippenbildung beginnt schon in der 9. Woche und zwar von beiden Oberkieferlappen und dem unteren Ende des Stirnfortsatzes aus. Stossen die oben genannten, einander entgegen wachsenden Fortsätze nicht zusammen, so entstehen verschiedene, als Hasenscharte, Wolfsrachen u. s. w. bezeichnete Spalten als bleibende Bildungsfehler. Die äussere Nase bildet sich durch Erhebung der Ränder der flachen Nasenlöcher. Letztere sind anfangs nach vorn gerichtet und beginnen erst im 5. Monate nach abwärts gestellt zu werden. Durch Auflagerungen auf den ersten Visceralbogen bildet sich der Unterkiefer, von dessen Mitte eine kegelförmige Wucherung nach rückwärts wächst: die Zunge.

708. Untere Visceralbögen und Visceralspalten.

Der erste Visceralbogen ist der grösste und wichtigste von allen. Etwas später als das erste stosst das zweite Visceralbogenpaar in der Medianlinie des Körpers zusammen; zugleich aber verwächst es auch mit dem ersten Paar. Die Verwachsung geschieht jedoch nur vorn, sodass auf jeder Seite zwischen dem ersten und zweiten Bogen eine Spalte zurückbleibt: die Ohrgrube. Das 3. und 4. Bogenpaar vereinigt sich ebenfalls, sowohl unter sich, als mit den vorwärts und rückwärts liegenden Theilen. Das 2. und namentlich 3. Paar, von denen gewisse Theile verschwinden, metamorphosirt sich nach Reichert vorzugsweis zu den verschiedenen Theilen des Zungenbeines, gegen welches (vom ersten Visceralbogen aus) die Zunge nach rückwärts wächst, bis sie den 2. Bogen erreicht. Das 4. Paar verwächst mit der Haut des Halses. In der 5. Woche sind alle Visceralspalten geschlossen.

Die frühere Bezeichnung „Halsrippen“ für die Visceralbögen beruht auf einem ungerechtfertigten Vergleich. Rathke hob die Aehnlichkeit der Visceralbögen mit analogen Fortsätzen im Fischembryo hervor, den ersten Anlagen der bleibenden Kiemen, daher die häufig gebrauchten Bezeichnungen: Kiemenbögen und Kiemenspalten.

709. Rumpf.

Die Sonderung des Embryo in einen Kopftheil und den, anfangs stark gekrümmten Rumpf erfolgt sehr frühe; der Rumpf schnürt sich zugleich, indem die Wandung der Leibeshöhle sich ausbildet, von der Dotterblase ab. Diese Wandung ist anfangs sehr dünn und durchsichtig, sodass die Eingeweide, namentlich das stark prominirende Herz und die Leber, blosszuliegen scheinen.

Auch liegt noch eine Darmschlinge in der Nabelöffnung (d. h. im Anfang der Nabelschnur). In der 5. Woche haben sich die allerdings noch dünnen Visceralplatten einander so genähert, dass die Nabelöffnung klein wird.

Erst später consolidirt sich die Leibeswand, während zugleich die Nabelöffnung relativ immer enger wird. Ein Halstheil scheidet Rumpf und Kopf deutlich von einander und in der Mitte des 2. Monats sondern sich auch Brust und der, durch die Leber stärker prominirende Bauch merklich von einander. Schon in der 4. Woche wächst aus dem hinteren Rumpfende ein Fortsatz hervor: der Steiss, der als Hervorragung erst in der 10. Woche verschwindet. Die, anfangs gemeinsame After- und Geschlechtsöffnung bildet sich in der 7. Woche und über derselben eine Wucherung als Anfang der äusseren Geschlechtstheile.

710. Gliedmaassen.

In der 4. Woche, nachdem die Haupttheile des Kopfes und Rumpfes angelegt sind, bilden sich die Gliederwülste als kleine kegelförmige Wucherungen und anfangs indifferente Massen, in denen erst später die Sonderung in die einzelnen histologischen Elemente erfolgt. Die oberen Extremitäten gehen in der Entwicklung den unteren etwas voran. Die Gliederwülste werden zunächst breiter und etwas gebogen. In der 5. Woche unterscheidet man ein schaufelförmiges Endstück: Hand und Fuss (*s* Fig. 162) und ein kegelförmiges Anfangsstück *(a)*, das aus dem Wurzelstück *(w)* (Schulter, Hüfte) hervorkommt. Dasselbe scheidet sich in der 7. Woche in den Ober- und Vorderarm und den Ober- und Unterschenkel; Hand und Fuss werden breiter und platter und erhalten schwache Furchen als Andeutungen der Finger und Zehen. In der 8. Woche sind die Finger, etwas später die Zehen getrennt. In der erste Hälfte des 3. Monats wird die Artikulation der Glieder noch schärfer und am Ende dieses Monats haben die Glieder im Verhältniss zum Rumpf schon eine gehörige Länge.



Fig. 162.

711. Allgemeine Bedeckungen.

Die oberflächlichsten embryonalen Bildungszellen sind die Grundlagen der, anfangs sehr dünnen, allgemeinen Bedeckungen. Aus dem äusseren Keimblatt entsteht nach Remak die Epidermis (und deren Annexa), während die äussere Schicht des mittleren Keimblattes sich zur Cutis umgestaltet, wobei die ursprünglich homogenen Zellen sich sondern in die einzelnen histologischen Bestandtheile: Bindegewebe als Stroma der Haut, Nerven, Blutgefässe u. s. w. Die Hautwärzchen treten erst im 4. Monat hervor. Die Oberhaut zeigt namentlich in der zweiten Hälfte des Fötallebens eine langsame Abschilferung ihrer oberflächlichsten Schicht. Die Anlage der Haare und der Hautdrüsen datirt etwa vom 4. Monat Die Haare selbst sind flaschenförmige Verlängerungen der innersten Epidermislagen in die Lederhaut, während die Haarbälge aus letzterer selbst

entstehen. Die Haare durchbrechen beim Weiterwachsen die Epidermis und stellen einen feinen Flaum dar; sie fallen theilweis aus und kommen desshalb vereinzelt im Fruchtwasser vor. Die eigentlichen Kopfhaare des Fötus brechen erst im 6. Monat hervor; sie sind in reifen Früchten durchschnittlich ³/₄ Zoll lang. Die Talgdrüsen entstehen als Auswüchse der Haarbälge. Die Schweissdrüsen bilden sich als solide Einstülpungen der untersten Epidermisschicht, die erst später Windungen und Canalisation erhalten. In den letzten Monaten des Uterinlebens ist die Haut des Fötus von einem weisslichen, zähen Ueberzug bedeckt, der Vernix caseosa, einem Produkt der Talgdrüsen (Wrisberg) und der Epidermoidalabschuppung. Dasselbe ist zusammengesetzt aus Talgzellen, Fetttröpfchen und ganz vorzugsweise aus Epidermisschüppchen (G. Simon). Da, wo die Talgdrüsen besonders entwickelt sind (behaarter Theil des Kopfes Achselgrube, Leisten- und Schaamgegend, Beugeseite der Glieder), ist die Vernixschicht besonders stark. Der Ueberzug dient vorzugsweis als Schutz für die Epidermis und verhütet die Imbibition derselben mit Fruchtwasser.

712. Körpergrösse.

Der Neugeborene wiegt 6—7 Pfunde (3200 Gramme im Mittel). Die Angabe des Körpergewichts in den einzelnen Fötalperioden, namentlich in den früheren, sowie der Gewichte der Einzelorgane, weichen so sehr von einander ab, dass hier von denselben Umgang genommen wird. Bessere Uebereinstimmungen bieten die Ausmessungen der

Körperlänge.

nach Ablauf von	par. Zolle	nach Ablauf von	par. Zolle
3 Wochen	1/5	20 Wochen	10 (3)
4 „	1/4—1/3	24 „	12 1/2
6 „	3/4	28 „	14 1/2 (4)
8 „	gegen 1 1/3	32 „	16
12 „	3 (3/4)	36 „	über 17 (5 1/2)
16 „	7 (2)	40 „	19 (über 6)

Bis zur achten Woche einschliesslich bedeuten die Körperlängen die Abstände (in gerader Linie) vom Scheitel zum Steiss; von der zwölften Woche ist die Beinlänge dazu gerechnet, jedoch auch in Klammern für sich angegeben.

XXXIII. Einzelorgane des Embryo und deren Functionen.

713. Grundformen des Kreislaufes.

Man unterscheidet 4 Perioden: 1) der Embryo sammt seinen Appendicaltheilen besitzt ursprünglich weder Blut noch Gefässe. 2) Dotterblasen-(Nabelblasen-)circulation, die erste und einfachste Form des embryonalen

Blutlaufes. 3) Placentarcirculation, in der übrigen Zeit des Embryonallebens. 4) Lungencirculation, die definitive Kreislaufsform nach der Geburt.

Diese Typen gehen allmälig in einander über, d. h. neben dem früheren entwickelt sich der spätere Typus so, dass die Bahnen und Stromrichtungen des letzteren die vorherrschenden werden.

Die grosse physiologische Bedeutung, sowie die Schwierigkeiten des Gegenstandes erfordern eine ausführlichere Darstellung. Diese beginnt am Zweckmässigsten mit den beiden fötalen Kreislaufsformen und zwar in ihrer fertigen Gestalt; hierauf folgt die Entwickelung der einzelnen Theile des Gefässsystems und endlich der Uebergang der 1. in die 2. und der 2. in die definitive Form.

714. Erster embryonaler Kreislauf.

Die erste Form des embryonalen Kreislaufes: die Dotterblasencirculation, wurde, des Zusammenhanges wegen, in 696 berührt. Das relativ sehr grosse Herz stellt anfangs einen einfachen Schlauch dar. Das vordere, arterielle Herzende, der Truncus arteriosus communis, theilt sich in zwei Schenkel: das erste Aortenbogenpaar. Diese stossen aber wieder zusammen zu einer einfachen kurzen Aorta, welche zunächst in die vorderen Theile des Embryo Gefässe (besonders die sog. vorderen Wirbelarterien) abgiebt und unten in 2, längs der Wirbelsäule verlaufende Aeste sich spaltet. (Letztere wurden, ebenfalls nicht zweckmässig, häufig als »hintere Wirbelarterien« bezeichnet; später wächst die kurze Aorta relativ mehr und die »Wirbelarterien« sind dann nichts anderes als die A. a. iliacae communes.) Sowohl die Aorta als deren Zweige entlassen jederseits mehrere sog. Arteriae omphalomesaraicae, die später bis auf eine verschwinden und sich in die Wandung der

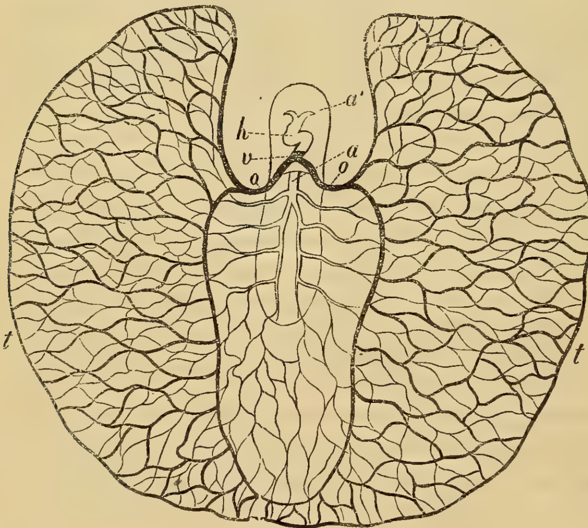


Fig. 163.

Fig. 163. nach Bischoff. *h* Herz, *a'* erstes Aortenbogenpaar, *a* Aorta in 2 Endäste sich spaltend. Von der Aorta und den Endästen gehen zahlreiche Arteriae omphalomesaraicae ab. *t* Sinus terminalis (des Kaninchens) übergehend in die (dickeren) Dotterblasenvenen, die jederseits zu einer Vena omphalo-mesaraica (*o*) zusammentreten. Beide *o* verschmelzen zu einem kurzen in das Herz mündenden Truncus venosus communis (*v*).

Dotterblase in der Art verzweigen, dass letztere bald von einem Gefässnetz vollkommen umwachsen ist.

Bei manchen Säugern, besonders aber in den Vögeln, deren Dottercirculation wegen des grossen Dotters, viel wichtiger ist, geschieht dieses Umwachsen so, dass die Grenze zwischen dem schon von Gefässen durchzogenen und dem noch gefässlosen Theil der Dotterblase durch ein ringförmiges Gefäss: Sinus terminalis angegeben ist. Dieses fehlt im Menschen.

Das aus der Nabelblase zurückfliessende Blut führt dem Embryo resorbirte Bestandtheile der Dottermasse zu; es sammelt sich in die beiden Venae omphalo-mesaraicae, welche zu einem gemeinsamen sehr kurzen Venenstamm (Truncus venosus communis) sich vereinen, der in das Hinterende des Herzens mündet. Zugleich nehmen die V. v. omphalo-mesaraicae auch das aus dem Körper des Embryo zurückfliessende Blut auf.

Dieser erste Kreislauf ist somit ein vorzugsweise extraembryonaler. Seine Dauer hängt von der Bedeutung der Nabelblase ab; im Menschen ist er schon in der 5. Woche sehr beträchtlich reducirt, während er im Vogel bis zum Auskriechen aus dem Ei fortdauert, wobei er allerdings immer mehr gegen den zweiten Circulationstypus zurücktritt.

715. Zweite embryonale Circulation.

Die zweite Form des fötalen Blutlaufes heisst, ihrer am meisten charakteristischen Gefässprovinz gemäss, Placentencirculation. Die zwei Nabelarterien, beiderseits Zweige der Arteria hypogastrica, führen das fötale Blut durch den Nabelstrang zur Placenta. In dieser kommt das Blut in innigen Contact mit dem mütterlichen Blute. Die Differenz beider Blutarten ruft aber lebhafte Diffusions- und endosmostische Ströme hervor, nämlich: 1) eine Abgabe von Kohlensäure und wohl auch von sonstigen Excretionsmassen (Harnstoff?) in das Blut der Mutter, sowie 2) einen Uebergang von Sauerstoff und von fixen, zur Ernährung dienenden Bestandtheilen des mütterlichen Blutes in das Blut des Fötus. Die Placenta versieht also gleichzeitig die Dienste als Respirationsapparat, als Aufnahmsorgan fixer Nährstoffe (analog den resorbirenden Blutgefässen der Schleimhaut des Nahrungsschlauches) und als Excretionsorgan.

Von der Placenta kehrt das Blut arterieller (der Ausdruck ist relativ gerechtfertigt) durch die in der Nabelschnur verlaufende Nabelvene zurück. Der Strom theilt sich aber (721) in 2 Bahnen: 1) ein Theil fliesst in die Leber und von da, durch die Venae hepaticae in die Vena cava inferior; dieses Blut wird also sogleich wieder venös. 2) Ein zweiter Theil ergiesst sich durch den Ductus Arantii direkt, also ohne »venös« zu werden, in die Cava inferior. Letztere erhält ausserdem noch das venöse Blut von den unteren Theilen des Rumpfes und den unteren Extremitäten.

Die Cava inferior mündet gegenüber dem Foramen ovale, einer Oeffnung in der Scheidewand der Vorkammern, in die rechte Vorkammer; dadurch, sowie vermöge einer speciellen Anordnung der Eustachi'schen Klappe (717), wird der

Strom aus der rechten Vorkammer viel mehr der linken Vorkammer als der rechten Herzkammer zugelenkt. Beim Strom der Vena cava superior, welche der rechten Vorkammer venöses Blut aus Kopf und oberen Extremitäten zuführt, ist die Richtung zur rechten Kammer mehr begünstigt als das Ueberströmen in die linke Vorkammer.

Die rechte Kammer speist zwei Blutbahnen: 1) die Lungenarterie, welche jedoch nur wenig Blut den Lungen zuführt und 2) den Botalli'schen Gang, die ungleich wichtigere Bahn, die das meiste Blut der rechten Kammer in die Aorta descendens leitet. Die linke Vorkammer empfängt als Zufuhren: 1) venöse aus den Lungen in kleinen Mengen und 2) einen Theil des Blutes der rechten Vorkammer und zwar, wie schon bemerkt, absolut und relativ viel mehr aus der unteren als aus der oberen Hohlvene. Die linke Herzkammer treibt dieses Blut weiter in den Arcus aortae und dessen Verzweigungen.

Diese Form der Circulation ist am meisten ausgeprägt etwa in der Mitte des Fötallebens und durch Folgendes charakterisirt: 1) der Lungenblutlauf stellt nur ein Anhängsel der Körpercirculation dar; die, bloss im Wachsthum, nicht aber in ihrer eigentlichen specifischen Function begriffenen Lungen empfangen nur geringe Blutzufuhren. 2) Das Blut der Cava superior geht vorzugsweise durch die Aorta descendens zu den unteren Körpertheilen. Dieses Blut ist aber venöser, also oxydationsbedürftiger und schlägt zum Theil die Placentenbahn ein. 3) Das Blut der Cava inferior versorgt mehr die vorderen Körpertheile und das Gehirn; es ist relativ arterieller, weniger oxydationsbedürftig. Die Hauptbahnen sind in Fig. 164 schematisirt. *R* rechte, *L* linke Herzkammer. *l* Lungenblutbahn. *a a* Arcus aortae (obere Körperarterien). *c. s* Cava superior. *a. d* Aorta descendens (untere Körperarterien). *c. i* Cava inferior. *p* Placentenblutbahn. * Capillaritäten.

Fig. 164.

716. Einfacher Herzschlauch.

Die erste Metamorphose des einfachen Herzschlauches besteht in einer Trennung in drei hintereinander liegende Abtheilungen: Vorkammer, Kammer und Truncus arteriosus communis (Fig. 165). Der anfangs gerade Herzschlauch krümmt sich Sförmig; zugleich kommt die bisher oben liegende Kammer nach unten und das bisher untere, den Truncus venosus aufnehmende Ende: die Vorkammer, durch eine Drehung nach oben und hinten. Die Kammer hat anfangs eine Magenform, später streckt sie sich und wird kegelförmig; die Vorkammer zeigt schon frühe zwei starke seitliche Ausbuchtungen, die Anlagen der Herzohren. Der Truncus venosus communis mündet in der Mitte der Hinterwand in die gemeinsame Vorkammer. Seine beiden Aeste (deren

Genese erst 719 entwickelt wird), sind die Cava inferior und superior. Der kurze Truncus venosus wird aber beim Wachsthum der Vorkammer in die letztere hereingezogen, d. h. die Venenwandung wird für die Mitte der Hinterwand der Vorkammer verwendet. Jetzt münden also beide Cavae gesondert in die Vorkammer.

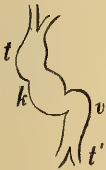


Fig. 165.

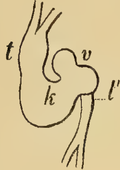


Fig. 166.

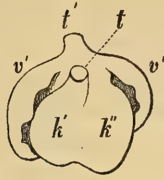


Fig. 167.

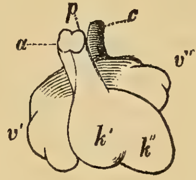


Fig. 168.

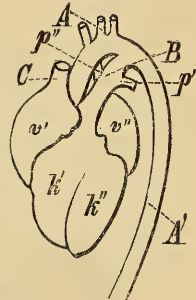


Fig. 169.

Figuren 165 bis 169: Herz in seinen Hauptentwicklungsstadien (von vorn gesehen). *t'* Truncus venosus communis. *C* Vena cava superior. *v* Einfache, *v'* rechte, *v''* linke Vorkammer. *k* Einfache, *k'* rechte, *k''* linke Kammer. *t* Tuncus arteriosus communis, in Fig. 168 sich spaltend in Aorta (*a*) und Arteria pulmonalis (*p*). In Figur 169 *p''* und *p'*. A. pulmonalis dextra und sinistra. — *A* Arcus aortae mit seinen Aesten; *A'* Aorta descendens. *B* Ductus Botalli.

717. Rechtes und linkes Herz.

Schon in der 4. und 5. Woche beginnt die Scheidung in ein rechtes und linkes Herz. Von der unteren Wand der Kammer wächst eine Scheidewand nach aufwärts; die dadurch entstehende Trennung in eine rechte und linke Kammer ist auch äusserlich am Herzen angedeutet durch eine Vertiefung. Eine Stelle des früheren Herzschlauches zwischen der stark sich erweiternden Kammer und Vorkammer bleibt im Wachsthum relativ etwas zurück; dadurch bildet sich eine kurze Verlängerung: Canalis auricularis. In diesen wächst die Kammerscheidewand hinein, wodurch ein rechtes und linkes Ostium atrio-ventriculare entsteht, an deren Rändern die Klappen sich ausstülpen. Die vollständige Trennung beider Kammern ist fertig in der 8. Woche.

Auch in die Vorkammer, welche in dieser Zeit grösser ist als die Kammer, wächst eine Scheidewand herein und zwar gewissermaassen als Fortsetzung sowohl des oberen Randes der Kammerscheidewand als auch der Vorderwand der Vorkammer selbst. Die dadurch entstehende Leiste trennt aber nur den Vordertheil beider Vorkammern; sie zeigt einen nach hinten gerichteten concaven Rand.

Die Cava superior, welche anfangs über der Cava inferior in die Vorkammer mündete, rückt nach rechts, in die sich bildende rechte Vorkammer; die Cava inferior dagegen mündet der vorhin erwähnten Leiste gegenüber, d. h. in



Fig. 170.

beide Vorkammern. In dem Schema Fig. 170 sind beide Vorkammern von oben blossgelegt und die obere Wand der Cava inferior entfernt. Die untere Wand der letzteren ragt, wie die dreieckige Spitze einer Schreibfeder (*i*) in die Vorhöfe herein, sodass die beiden Ränder derselben am unteren Horn der Vorkammerleiste (bei *s*) zusammenstossen. Der linke Rand jener dreieckigen Spitze der Cava wächst weiter zu einer senkrechten Leiste mit nach vorn gerichtetem concavem Rand, die den hinteren Vorkammerraum in eine rechte und linke Hälfte abtheilt. Die Ränder der vorderen und der hinteren Vorkammerleiste schliessen somit ein rundes Loch ein: das Foramen ovale, die Communication zwischen beiden Vorkammern oder gewissermaassen die Mündung der Cava inferior in die linke Vorkammer. Der hintere concave Rand dieser Mündung versieht theilweis den Dienst einer Klappe. Das schreibfederförmige Ende der Cava inferior wird zur Eustachi'schen Klappe (bloss der linke Rand dieser Schreibfeder entwickelt sich, wie gesagt, zur hinteren Vorkammerscheidewand und namentlich zur Valvula foraminis ovalis). Die nur im Fötus wirksame Eustachi'sche Klappe bewahrt ihre dreiseitige Form, und bildet eine unvollständige Scheidewand, welche dem durch die Cava inferior zufliessenden Blut den Uebergang in die rechte Kammer theilweis erschwert und die Stromrichtung nach der linken Vorkammer begünstigt. Ein in die rechte Vorkammer prominirender Wulst am hinteren, oberen Umfang des Foramen ovale, das Tuberculum Loweri, trägt wohl auch dazu bei, den Strom der Cava superior von dem der inferior etwas abzuleiten.

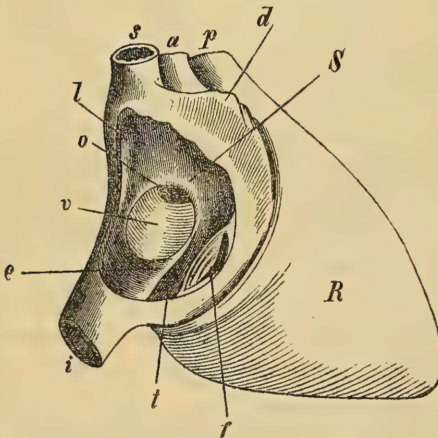


Fig. 171.

Herz des Neugeborenen. Die Aussenwand des rechten Vorhofes ist weggeschnitten, *R*, rechte Kammer. *p*, Art. pulmonalis. *a* Aorta. *s* Cava sup. *i* Cava inf. *e* Eustachi'sche Klappe. *o* Foramen ovale; *v* dessen Klappe. *S* Septum atriorum. *t* Thebesische Klappe. *l* Tuberculum Loweri, *f* Ostium atrio-ventriculare. *d* Auricula dextra.

Die vollständige Trennung beider Herzkammern fordert zugleich eine Abspaltung des Truncus arteriosus communis in zwei Gefässe. Es bildet sich nämlich an der Vorder- und Hinterwand des Aortenbulbus je eine Einschnürung, die in der Längsaxe des Gefässes verlauft und sich bis zu dessen Theilung in das erste Aortenbogenpaar erstreckt. Dadurch entstehen zwei in dem Gefässlumen sich entgegenwachsende Scheidewände nach deren

Zuzammenstossen ist die Trennung des Truncus arteriosus vollendet, d. h. aus der linken Kammer geht die Aorta, aus der rechten die Pulmonalarterie ab.

718. Arterien.

Ihre Entwickelung ist vorzugsweise von Rathke untersucht worden. Der kurze Truncus arteriosus communis gab anfangs auf jeder Seite bloss einen Bogen ab; dieses erste Bogenpaar vereinte sich wieder zur Aorta descendens. Der Truncus entlässt aber bald jederseits 3 weitere Aortenbögen; die vier Gefässbögen verlaufen in die Visceralbögen und treten, aus diesen zurückkehrend, wieder zusammen und zwar jederseits in einen gemeinsamen Stamm: die Aortenwurzel. Beide Aortenwurzeln vereinen sich zur Aorta descendens. Die 4 oder selbst 5 Aortenbogenpaare sind nicht zugleich vorhanden; zuletzt bleiben beim Menschen nur 3 (sie sind in der Figur allein angedeutet) übrig, aus denen sich persistirende Arterien des Embryo entwickeln. Der vorderste Bogen wird rechts Arteria anonyma, links Carotis und Subclavia sinistra. Von den Verzweigungen dieser Arterien sind in der allerersten Zeit besonders die sogenannten A. a. vertebrales anteriores, (714) hervorzuheben. Der mittlere Bogen obliterirt rechts und wird links zum bleibenden Arcus aortae. Der hinterste (unterste, dritte) Bogen entlässt jederseits an seinem Anfang einen Zweig in die Lunge, der übrige Verlauf des Bogens obliterirt rechts, wird dagegen links zum Ductus arteriosus Botalli. Die rechte Aortenwurzel schwindet, die linke stellt den Anfang der Aorta descendens dar.

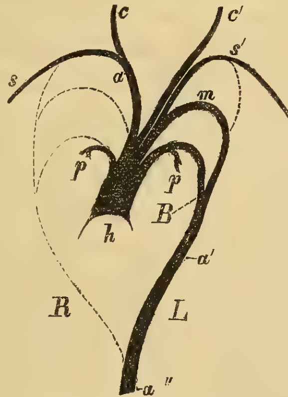


Fig. 173.

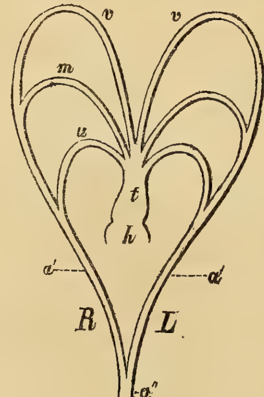


Fig. 172.

R rechts, *L* links. *h* Herz. *t* Truncus arteriosus communis. *v, m, u,* vorderer, mittlerer, unterer Bogen. *a'* Aortenwurzel (links später Anfang der Aorta descendens), *a''* Aorta descendens. Figur 173 zeigt die weiteren Metamorphosen. *p* Lungenarterien. *B* Botalli'scher Gang. *m* (links) Aortenbogen. *a* Art. anonyma und deren Zweige. *c'* und *s'* Carotis und Subclavia sinistra.

719. Venen.

Die ersten Venen des Embryonalkörpers sind die Cardinalvenen. Rathke unterscheidet zwei vordere, die das Blut aus den oberen Körpertheilen zurückführen, und zwei hintere Cardinalvenen. Jederseits verbindet sich die vor-

dere und hintere Cardinalvene zu einem gemeinsamen Stamm, dem **Ductus Cuvieri**. Beide Cuvier'sche Gänge münden in der ersten Zeit in das Ende der (nunmehr einfachen) Vena omphalo-mesaraica, welche ausserdem noch die Cava inferior aufnimmt. Die V. omphalo-mesaraica (Truncus venosus communis) ist somit der gemeinschaftliche, in das Hinterende des Herzens sich einsenkende, Stamm aller Venen des Embryo und der Nabelblase.

Die Cava inferior liegt zwischen den beiden hinteren Cardinalvenen. Das hintere Ende der Cava anastomosirt jederseits mit den Cardinalvenen; diese Anastomosen — nichts anderes als die späteren Venae iliacae communes — werden immer stärker, sodass zuletzt das Blut der unteren Extremitäten nur in die Cava überfliesst. Die hinteren Cardinalvenen bleiben daher in ihrem unteren Verlauf im Wachsthum zurück; ihre vorderen Theile werden rechts Vena azygos und links Vena hemiazygos.

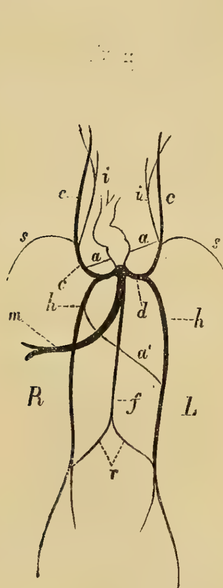


Fig. 174.

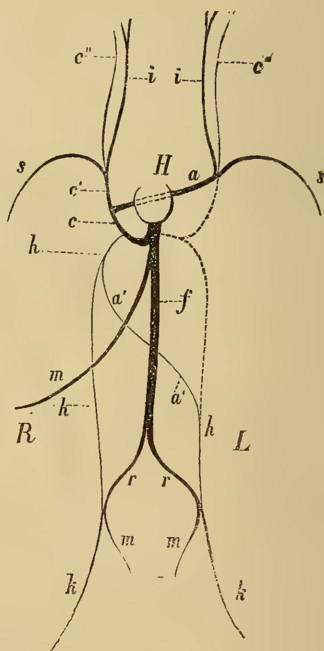


Fig. 175.

R rechte, L linke Seite. Fig. 174. *m* Vena omphalo-mesariaca, mit Andeutung ihrer 2 Zweige; die Hauptvene, einmündend in das Hinterende des einfachen Herzschlauches. Dieselbe hat am Ende 3 Aeste: cava inferior *f* und jederseits einen Ductus Cuvieri *d*. — *c* Vordere Cardinalvenen, deren Zweige *s* subclavia und *i* jugularis interna. — *h* hintere Cardinalvenen, *a a* und *a'* Anastomosen je zwischen den vorderen und den hinteren Cardinalvenen. *r* Anastomose zwischen Cava inf. und hinteren Cardinalvenen.

Fig. 175 stellt die Weiterentwicklung des Venensystemes dar; die geschwundenen Theile sind punktirt, die relative Mächtigkeit der Gefässe aber durch dünnere oder dickere Striche angedeutet. Das Hinterende des Herzens *H* empfängt einen einfachen Venenstamm, zusammengesetzt aus Cava superior (*c*) und Cava inferior (*f*). *c'* Vena anonyma dextra, *c''* Jugularis externa, *i* jugularis interna, *s* subclavia. *a* Vena

anonyma sinistra, ihr Verlauf hinter dem Herzen ist punktirt angegeben. *m* die frühere Vena omphalomesenterica, reducirt zur blossen Mesenterica, jetzt Ast der cava inferior. *h* (rechts) V. azygos. *a' a'* Ende der hemiazygos, *r r* Vena iliaca communis, *m* iliaca interna (hypogastrica), *k* iliaca externa (cruralis).

Die vorderen Cardinalvenen: (die späteren Jugulares externae) nehmen die anfangs viel kleineren V. v. jugulares internae und subclaviae auf. Zwischen beiden vorderen Cardinalvenen besteht eine quere Anastomose *a a* der Figuren; dessgleichen zwischen den hinteren, *a'* der Figuren. Dadurch wird das Blut von den linken in die gleichnamigen rechten Cardinalvenen abgeleitet. Der linke Cuvier'sche Gang, sowie die centralen Enden beider linken Cardinalvenen obliteriren und zwar letztere bis zum Abgang der erwähnten Anastomosen. Der rechte Cuvier'sche Gang wird Cava superior. Die Anastomose der vorderen Cardinalvenen wird Vena anonyma sinistra. Die vordere rechte Cardinalvene wird an einer Strecke Vena anonyma dextra, in ihrem weiteren peripheren Verlauf jugularis externa, die an Grösse von der jugularis interna und subclavia bedeutend überholt wird. Die Anastomose beider hinteren Cardinalvenen wird zum (centralen) Ende der Vena hemiazygos, also ein Zweig der Vena azygos, welche letztere sich in die Cava superior einsenkt.

Der gemeinsame Venenstamm der Cavae trennt sich, wie schon 717 erwähnt, sodass die Cava superior und Cava inferior gesondert in den rechten Vorhof münden.

720. Arterien der Nabelblase und des Nabelstranges.

Das functionelle Zurücktreten der Nabelblase und die stärkere Entwickelung der Allantois (spätere Placenta) bedingen in den betreffenden Blutbahnen wesentliche Veränderungen, die für den Gesammtkreislauf von grosser Bedeutung werden. Die Art. omphalo-mesaraica (es ist nur noch eine vorhanden, s. 714) giebt ausser ihren Nabelblasenzweigen auch ein Aestchen in den mittlerweil entstandenen Darm ab: die Art. mesaraica. Letztere gewinnt, mit stärkerer Entwickelung des Darmes, die Oberhand; die Nabelblasenarterie ist somit nur ein Zweig der A. mesaraica und geht bald gänzlich zu Grunde. — Die aus dem Embryonalkörper hinauswachsende Allantois ist die Trägerin zweier, immer mehr sich entwickelnder, Arterien: der (späteren) Arteriae umbilicales, anfangs die Hauptzweige des unteren Endes der Aorta, bald aber Aeste der Aorta hypogastrica jederseits.

721. Nabelblasenvene, Pfortader und Nabelvene.

Eine Vene, die (spätere) Vena umbilicalis, führt das Blut aus der Allantois (Placenta) zurück und senkt sich anfangs in die Vena omphalo-mesaraica ein. Die Metamorphosen dieses Venenbezirkes zerfallen in 4 Hauptabschnitte: A gehört dem ersten, B und C dem zweiten fötalen, D dem definitiven Kreislauf des Erwachsenen an.

A) Präponderanz der Nabelblasenvene (Fig. 176). Das Nabel-

blasenblut fliesst zurück durch die Vena omphalo-mesaraica, welche, wie gesagt, auch das venöse Allantoisblut aufnimmt. Das aus beiden Organen abfliessende Blut hat aber zwei Wege 1) durch die Vena omphalo-mesaraica direkt in das Herz und 2) durch die Leber, in welche die Vena omphalo-mesaraica und die umbilicalis Zweige schicken. Dieses Blut ergiesst sich aus der Leber durch die Venae hepaticae in die Cava inferior. Ausserdem ist 3) schon von Anfang an eine, später sehr wichtig werdende, Anastomose zwischen der Omphalo-mesaraica und Umbilicalis vorhanden.

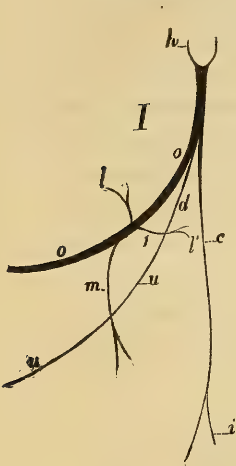


Fig. 176.

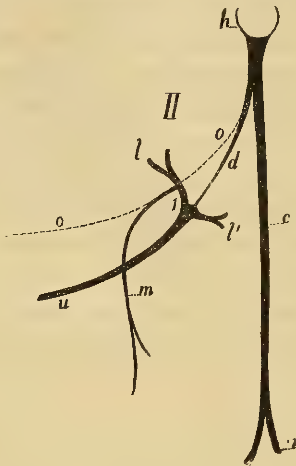


Fig. 177.

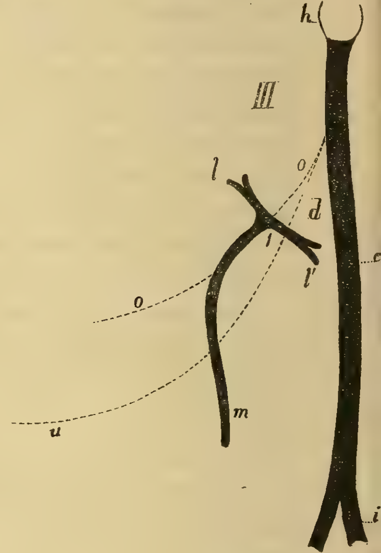


Fig. 178.

I Nabelblasenvenencirculation, II Periode der Placentarcirculation, III Definitive Circulation. Alle drei stellen genau dasselbe Grundschema dar; nur die Wichtigkeit der Blutbahnen ändert sich in den einzelnen Schemata. *h* Herz. *o* Vena omphalo-mesaraica in II und III mit Ausnahme einer kurzen Strecke obliterirend. *u* V. umbilicalis. *c* V. cava inferior (*i* iliaca communis). *m* V. mesaraica (in II ist das Ende von *m* Pfortader), *1* Anastomose zwischen V. omphalo-mesaraica und umbilicalis (ist in III sammt der Fortsetzung *l'* linker Leberast der Pfortader), *d* Aranzi'scher Gang (I in Anlage als directe Fortsetzung der V. umbilicalis, II in Ausbildung, III obliterirt). *l* Leberast (abgeschickt in I von der omphalo-mesaraica, in II vorzugsweis von der umbilicalis, in III ausschliesslich von der Pfortader als rechter Ast der Pfortader). *l'* Leberast der umbilicalis (in III der Pfortader).

B) Präponderanz der Darmvene (Pfortader) über die Nabelblasenvene. (Fig. 177.) Mit dem Wichtigerwerden des Stromes der Cava inferior und dem Zurücktreten der V. omphalo-mesaraica wird die Cava Hauptstamm, die Omphalo-mesaraica aber deren Ast; also die V. umbilicalis Ast (zweiter Ordnung) der Cava. Das Stück der V. omphalo-mesaraica, das oberhalb (d. h. dem Herzen zu) des Abganges ihrer Leberäste liegt, verschwindet vollständig. Mit der Entwickelung des Darmes entstand aber auch eine Vena mesaraica, anfangs (s. Fig. I) ein kleiner Zweig der Omphalo-mesaraica. In Folge des Zurücktretens der Nabelblase und des stärkeren Wachsthums des Darmes

wird die Mesaraica zum Stamm, die Omphalo-mesaraica zum Zweig, der sogar bald verschwindet. Nunmehr sind auch die Leberzweige der früheren Omphalo-mesaraica Zweige der V. mesaraica geworden, deren Ende, s. Fig. II, jetzt «Stamm der Pfortader» heisst.

C) Dominirender Venenstrom in der Vena umbilicalis. Das Blut dieser Vene hatte von Anfang an zwei Hauptwege: 1) direkt in die Cava inferior, durch den Ductus venosus Arantii, Fig. I. *d*; 2) indirekt in die Cava, durch die Leber und zwar a) durch die ursprünglichen (in den linken Theil des Organes sich einsenkenden) Leberäste der Umbilicalis und b) durch die ursprüngliche Anastomose (1. obiger Figuren) der Umbilicalis mit der Omphalo-mesaraica resp. Pfortader (den rechten Leberast der Umbilicalis in die rechte Hälfte jenes Organes). Die Nabelvene ist somit fast während des ganzen Fötallebens das Hauptgefäss und die Pfortader deren Ast, doch so, dass letztere sich allmälig mehr entwickelt.

D) Pfortader allein zurückbleibend. Nach der Geburt schliesst sich der Aranzi'sche Gang, sowie die Nabelvene bis zur Leberpforte; die Leberäste der Nabelvene werden nunmehr Aeste der Pfortader.

722. Einleitung des definitiven Kreislaufes.

Die bleibende Form der Circulation ist charakterisirt durch die vollkommene Trennung der Lungen- und Körperblutbahn; das Blut fliesst (bei den zwei höheren Wirbelthierklassen) in einem vollständigen Kreis, d. h. jedes Blutkörperchen muss nothwendig durch die Capillarität der Lungen- sowie der Aortenblutbahn strömen. Diese Form beginnt unmittelbar nach der Geburt, mit der eigentlichen Functionirung der Lungen; die Kreislaufsorgane präpariren sich aber allmälig für dieselbe, so dass zu früh geborene Früchte, sogar von der 26.—30. Woche in einzelnen Fällen, am Leben bleiben können.

Der Uebergang wird in der späteren Fötalperiode besonders durch Folgendes bezeichnet. Das Blut der Vena cava inferior fliesst immer mehr in die rechte Kammer, immer weniger in den linken Vorhof, indem das Foramen ovale allmälig kleiner wird und die (in 717 geschilderte) Function der Eustachi'schen Klappe zurücktritt. Die rechte Kammer schickt zunehmend mehr Blut durch die Lungenarterie in die, immer mehr sich entwickelnden Lungen, dagegen zunehmend weniger Blut in die Aorta descendens. Nach der Geburt wird der Botalli'sche Gang in 1—2 Tagen, das Foramen ovale langsam (innerhalb einiger Wochen) geschlossen. Die Schicksale der Nabelgefässe sind in 721 angegeben.

723. Rückblick auf die Gefässentwickelung.

Das Herz besteht anfangs nur aus embryonalen Zellen und enthält weder Muskelfasern noch Nerven; gleichwohl zeigt es bereits Contractionen, die aber nur unregelmässig und relativ selten erfolgen. Die Blutgefässe entstehen nicht etwa durch Hereinwachsen von Gefässen schon angelegter Embryonaltheile, sondern sie bilden sich an allen Stellen unmittelbar. Die ersten Blutkörperchen

sind (§ 696) von den embryonalen Bildungszellen nicht verschieden; sie sind gross, kugelig, kernhaltig (die Kerne verschwinden erst in einer späteren Periode); in der Folge werden sie gefärbt. In der ersten Zeit vermehren sich die Blutkörperchen namentlich auch durch Theilung; die Blutkörperchenbildungen in späteren Perioden des Embryonallebens sind so wenig exact gekannt, wie im Erwachsenen. Capillaren existiren zur Zeit der Entstehung der ersten Gefässe noch nicht; ihre spätere Bildung ist nicht sicher erkannt; jedenfalls entstehen sie unmittelbar durch Zusammenstossen und nachträgliche Canalisirung von embryonalen Bildungszellen.

Die erste Anlage des Gefässsystemes, wie die des Embryo überhaupt, gehorcht dem Gesetz der vollständigen seitlichen Symmetrie; sogar das Herz liegt als ein gerader Schlauch in der Medianebene des Körpers. Wie diese erste Anlage, so hängen auch die weiteren Schicksale der ursprünglichen Gefässanordnung auf das Deutlichste von der Gestaltung und Fortbildung der von den Gefässen zu versorgenden Embryonaltheile ab, wie eine Fülle von Thatsachen der vergleichenden Anatomie darthut. Die Metamorphosen der Gefässe beziehen sich besonders 1) auf die Richtungen und das Längswachsthum. Ein kurzer Stamm, der sehr lange Aeste abgiebt, kann bald durch Präponderanz seines Wachsthums, in einen absolut oder relativ langen Stamm mit kurzen Aesten umgewandelt werden u. s. w. 2) Auf die Lumina. Ein unbedeutender Zweig kann zum Hauptstamm werden, wenn sein respectives Organ in stärkeres Wachsthum geräth. Ein Gefäss ersten Ranges kann degradirt werden, ja selbst ganz obliteriren u. s. w. In Folge dieser Reduktionen und Fortentwickelungen kann ein einfaches Gefäss des definitiven Kreislaufes zusammengesetzt worden sein aus mehreren Stücken von ursprünglich ganz differenten Bedeutungen und Verlaufsweisen. Die definitive Aorta z. B. besteht (Fig. 173) aus 4 verschiedenen Stücken: 1) die Aorta ascendens entspricht (theilweis) dem Truncus arteriosus, resp. dem aus diesem sich abspaltenden Aortenstück; 2) der Arcus aortae entspricht dem linken mittleren Aortenbogen; 3) der Anfang der Aorta descendens dem unteren Stück der linken Aortenwurzel und 4) der weitere Verlauf der Aorta descendens der anfänglichen Aorta descendens. Also bilden sich Nro. 4 aus einem ursprünglich einfachen Canal, Nro. 1 zufolge einer Spaltung eines einfachen Canals, während 3. und 4. früher symmetrischen Bildungen angehörten.

Die Metamorphosen der Hauptvenen sind complicirter als die der Hauptarterien. Auch sind die Bedeutungen dieser Venen mehrseitiger, schon desshalb, weil sie — wie gewisse Venen im Erwachsenen — ein Fliessen des Blutes bald nach der einen, bald nach der anderen Richtung zulassen. Die in 719 und 721 geschilderten Metamorphosen der Venen sind übrigens nur Beispiele von Vorgängen, die sich an allen Stellen des Körpers wiederholen, allerdings die wichtigsten Beispiele, eben weil sie mit den fundamentalsten Ereignissen der Circulation im Zusammenhang stehen.

Die Organentwickelung bedingt die Blutgefässentwickelung, nicht umgekehrt. In dem Wachsthum der Leber z. B. liegt eine Hauptursache von Veränderungen der Richtung und Stärke mehrerer wichtigen venösen Blutbahnen.

724. Hämodynamische Bemerkungen.

Im Zusammenhang mit früher geschilderten Circulationsverhältnissen ist die rechte Vorkammer anfangs geräumiger als die linke, und erst später werden beide gleich; sowie auch die Wandung der linken Kammer im älteren Fötus viel dicker wird als die der rechten Kammer. Die Spannungen des Blutes in den Arterienbabnen beider Kammern dürften anfangs keine wesentlichen Unterschiede bieten; an den Communicationen beider Gefässsysteme, z. B. an dem Ende des Ductus Botalli und dem Anfang der Aorta descendens müssen sie nothwendig gleich sein. Der Strom in die oberen Körpertheile ist anfangs relativ viel begünstigter als später. Die Placentenbahn, eine Abzweigung der A. a. hypogastricae und der V. cava inferior, ist weitaus die längste; die Länge der Nabelschnur beträgt 20 Zolle. Trotzdem fliessen grosse Blutmassen in die Placenta, offenbar wegen der, hier besonders günstig gestellten Capillarströmung. Das Venensystem, noch im Erwachsenen an Räumlichkeit und vorhandenem Blutvorrath bevorzugt gegenüber den Arterien, präponderirt im Fötus viel mehr, namentlich in den ersten Perioden. Starkes Vorwiegen des Venensystems deutet auf grössere Kreislaufszeiten; die letzteren würden also abnehmen mit zunehmendem Alter des Fötus. Das Herz vollführt gegen Ende des Fötallebens, wie die Auscultation des Uterus Schwangerer zeigt, 150—130 Schläge in der Minute; die Kreislaufszeit ist hier ohne Zweifel sehr klein.

725. Urdarm.

Die erste rinnenförmige Anlage und die nächstfolgenden, von C. F. Wolff, Bär, Bischoff und Remak untersuchten Metamorphosen des primitiven Darmrohres mussten schon in 695 geschildert werden. Dieser »Urdarm« stellt sehr bald ein kurzes, vorn und hinten geschlossenes Rohr dar, welches in der Mitte durch den, anfangs relativ weiten, Ductus omphalo-mesaraicus in die Nabelblase übergeht. Der Theil vor dem Ductus heisst Munddarm, der hintere Afterdarm. Im vordersten Theil des Munddarmes entsteht sehr früh ein Durchbruch, welchem zugleich eine Einstülpung von aussen her entgegenkommt: die allgemeine Mundspalte (705); ausserdem bilden sich seitliche, bald sich schliessende Durchbrüche: die Visceralspalten (708). Der Durchbruch am Ende, nämlich die Bildung des Afters (resp. die gemeinschaftliche Mündung des Darmes und des Uro-Genitalsystems), wobei wiederum von aussen her eine Grube entgegentritt, erfolgt erst in der 6. bis 7. Woche.

726. Oberer Theil des Nahrungsschlauches.

Das anfangs gerade und in seinem ganzen Verlauf ungefähr gleichweite primitive Darmrohr erhält zunächst an der Mündung des Ductus omphalo-mesentericus eine Knickung, die aus der noch offenen Bauchspalte theilweis hervortritt (727). In der 5. Woche beginnt die Scheidung in 4 Abschnitte von ungleicher Weite: allgemeine Mundhöhle, Speiseröhre, Magen und Darm.

Die allgemeine Mundhöhle sondert sich später in die definitive Mund-, Nasen- und Rachenhöhle (707); die Zungenbildung beginnt, vom ersten Kiemenbogen aus, schon in der 5. Woche. In jedem Kieferrand bildet sich frühe eine Rinne, in welcher kleine Wärzchen, 10 in jedem Kiefer, entstehen. Die Zahnwärzchen werden durch faltenförmige Erhebungen von einander abgetrennt und liegen somit im Grunde von, anfangs nach aussen offenen, später aber geschlossenen Säckchen. Ausserdem entstehen von den Milchzahnsäckchen aus kleine Nebenhöhlen, die sich abschnüren, die Reservesäckchen für die späteren bleibenden Zähne (Goodsir). Das Zahnwärzchen ist die Hauptgrundlage des Zahnes, der Schmelz dagegen bildet sich von den Zahnsäckchen aus. Wegen der Entwickelung der Zähne wird auf die Lehrbücher der mikroskopischen Anatomie verwiesen.

Die Speiseröhre erleidet keine wesentlichen Aenderungen. Die grosse Curvatur des anfangs senkrechten Magens ist nach links gerichtet; im 3. Monat dagegen, wenn der Magen sich quer legt, nach abwärts.

727. Definitiver Darm.

Das primitive Darmrohr verläuft, wie bemerkt, anfangs als ein gerader Schlauch längs der Wirbelsäule. In der 4. Woche entfernt sich der mit dem Ductus omphalo-mesaraicus communicirende Theil des Urdarmes von der Wirbelsäule; dadurch erhält der Darm die erwähnte knieförmige Knickung, in deren aus der Nabelöffnung hervorragende Spitze der bald obliterirende Ductus omphalo-mesaraicus sich einsenkt. Der Darmschenkel oberhalb jener Einsenkungsstelle wird Dünndarm, der untere Schenkel dagegen im Allgemeinen Dickdarm. Nur das Anfangsstück dieses unteren Schenkels gehört noch dem Ende des Dünndarmes an; die Grenze zwischen Dünn- und Dickdarm wird bald angedeutet durch eine kleine Ausstülpung, den Blinddarm.

Der Ductus omphalo-mesariacus senkt sich an einer, dem unteren Theil des späteren Ileum's entsprechenden Stelle in den Darm. Diese Darmstelle reisst sich in der Folge von der Bauchwand los und noch im 3. Monat ist ein fadenförmiger Rest des längst obliterirten Ductus omphalo-mesaraicus etwas oberhalb des Blinddarmes sichtbar.

Sehr bald drehen sich jene beiden Darmschenkel und bilden eine Schlinge (Fig. 180); der bisher untere wird der obere, als Anfang jenes bemerkenswerthen Processes, durch welchen das Colon über den Dünndarm kommt. Im Dünndarm entstehen zahlreiche Windungen, die sich immer mehr nach abwärts senken. Der Blinddarm ist anfangs der Nabelöffnung nahe, und der Dickdarm verläuft

in der Medianebene des Abdomens gerade nach rückwärts gegen die Wirbelsäule, um hier (es ist die Stelle der späteren Flexura sigmoidea coli) in ein, längs der Wirbelsäule abwärts sich erstreckendes Endstück, den Mastdarm überzugehen. Letzterer behält seine ursprüngliche Richtung und seine Lage in der Medianebene des Körpers ungefähr bei, dagegen macht der Dickdarm in Folge seines Längenwachsthums bemerkenswerthe Wanderungen. Er verlässt nämlich zuerst seine primäre Richtung; er tritt aus der Medianebene des Abdomens heraus, richtet sich zugleich auf, legt sich mit seinem unteren Theil (*c''* Fig. 181) an die linke Hinterwand des Abdomens an (wodurch zugleich die Flexur *f* stärker wird). Mit seinem oberen Theil legt er sich quer, wodurch die Unterscheidung eines Colon descendens und transversum unmittelbar gegeben ist. Der Blinddarm ist jetzt rechts und oben (Fig. 181). Beim Weiterwachsen zieht, so zu sagen, der untere Theil des Dünndarmes den Anfang des Colon transversum nach abwärts; dadurch entsteht das Colon ascendens und der Blinddarm kommt schliesslich in seine definitive Stelle in der rechten Hüftgegend.

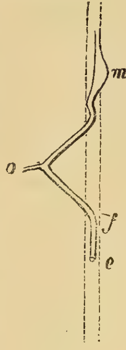


Fig. 179.

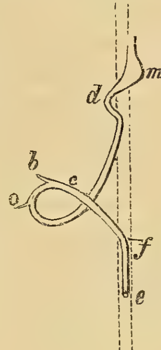


Fig. 180.

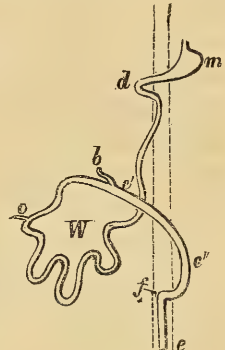


Fig. 181.

Darmrohr von vorn gesehen. In den Fig. 179 und 180 sind die beiden Darmschenkel, welche eigentlich in der Medianebene des Abdomens liegen (also senkrecht zur Papierfläche gedacht werden müssen) nach rechts umgelegt. *m* Magen, in seinen successiven Stellungen und Hauptformen. Durch Aufrichten des Pylorustheiles bei der Querlegung des Magens entstehen die Duodenumknickungen (*d*). *o* Ductus omphalo-mesaraicus (in Fig. 180 und 181 ein von der Bauchwand abgerissenes Rudiment). *W* Dünndarmwindungen, *b* Blinddarm, *c* Colon (*c''* Colon descendens, *c'* Colon transversum; das C. ascendens ist noch nicht gebildet), *f* Flexura sigmoidea, *e* Endstück (Mastdarm).

728. Ausstülpungen des Darmrohres.

Durch Anschwellungen und Ausstülpungen entstehen an bestimmten Stellen adnexe Gebilde des Darmrohres; namentlich die Drüsen und sonstigen Appendicaltheile des Nahrungsschlauches und der Respirationsapparat; nach Einigen auch die Allantois und selbst die Harnleiter sammt Nieren.

Die Speicheldrüsen bilden sich frühe, anfangs als solide, immer zahlreichere Sprossen bildende Wucherungen, die erst später canalisiren. Nach demselben Typus erfolgt die Entwickelung des Pancreas.

Der Athmungsapparat tritt nach Bär zunächst in Form zweier kleiner, hohlen Ausstülpungen aus der Vorderwand des Munddarmes hervor, die wir primitive Bronchien nennen können und die immer zahlreichere Ausläufer, die Bronchialramificationen treiben. Die Luftröhre entsteht, indem die anfangs

gesondert in den Oesophagus mündenden Bronchien ein Stück von dessen Wand mit sich herausziehen. Die Lungen sind im Fötalleben, wie auch der Nahrungsschlauch, in einer bloss bildenden Thätigkeit begriffen; die specifischen Funktionen beider Apparate beginnen erst nach der Geburt.

Die Entwickelung der sog. Blutgefässdrüsen kann nur flüchtig berührt werden. Auch die Schilddrüse und Thymus entstehen, schon im 2. Monat, nach Remak als Ausstülpungen vom Darmrohr, die sich aber bald von demselben abschnüren. Die Schilddrüse geht von der Mittellinie der vorderen Schlundwand, auf der Höhe des zweiten Visceralbogens, aus als eine relativ grosse Blase, die sich zunächst in 2 Abtheilungen einschnürt. Weiter unten bildet sich die Thymus als anfangs solider Strang. Die übrigen Blutgefässdrüsen entstehen nicht vom Darm aus. Die Nebennieren sind anfangs grösser als die Nieren, von welchen sie sich übrigens unabhängig entwickeln. Die Milz entsteht am Ende des 2. Monats in der Nähe der grossen Magencurvatur. Die fötalen Funktionen dieser Organe sind so unbekannt als im Erwachsenen.

729. Leber.

Dieselbe entsteht sehr frühe und zwar in Form zweier hohler zapfenförmiger Auswüchse der Wand des Vorderarmes: als primitive Lebergänge (3. Woche). Diese sind nach Remak Auswüchse des Darm-Epitels, die von den äusseren Schichten des Darmes überzogen werden. Die Epitelschicht der primitiven Lebergänge sendet zahlreiche solide cylindrische Aeste aus, welche unter einander netzförmig sich verbinden und später sich verdicken zu soliden, homogenen, aus Zellen bestehenden Massen, den Leberläppchen, worauf die zur Bildung der Gallengänge führende Canalisation nachfolgt. Die definitiven Leberzellen wären demnach Abkömmlinge der Epitelzellen der Lebergänge. Das Organ ist am Ende des 2. Monats relativ enorm gross. Die Leberabsonderung beginnt schon im 3. Monat; in den letzten Monaten hält die Gallenblase wirkliche Galle. Ueber die Menge des Sekretes und dessen Schicksale ist nichts bekannt. Etwa vom 5. Monat an enthält der obere Darmcanal einen hellgelben Schleim, in welchem Gallenbestandtheile (Farbstoff und Spuren harziger Gallensäuren) nachgewiesen sind. In den letzten Monaten ist der Dickdarm und Mastdarm gefüllt mit einer dunkelbraunen, geruchlosen, viscösen, meist schwach sauer reagirenden Masse, dem Kindspech (Meconium), in welchem übrigens nach Lehmann sowohl der Gallenfarbstoff als Gallensäuren fehlen. Das Meconium ist ein Gemisch verschiedener Secrete und zwar 1) der Darmschleimhaut, 2) der Leber, 3) der Vernix caseosa (711), welche demnach sammt Amnionwasser vom Fötus von Zeit zu Zeit verschluckt wird. Förster wies im Meconium Epidermisplättchen, Härchen und Fettkugeln des Hauttalges nach.

Die Bereitung von Glykogen und Zucker beginnt in der Leber des menschlichen Fötus erst gegen die Mitte des Uterinlebens. Vor dieser Periode findet sich das Glykogen in verschiedenen Organen, z. B. Muskeln (Rouget), sowie auch in besonderen Epitelzellen des Amnion und der Placenta (Bernard).

730. Bauchfell und Gekröse.

Bei der Spaltung der Visceralplatten in Darm und definitive Leibeswand wird die, die definitive Leibeshöhle zunächst begrenzende, in Fig. 182 punktirt angegebene, Schicht des Darmrohres (*d*) und der Leibeswand (*l*) zum Bauchfell. Hat sich der Darm zum Rohr geschlossen, so wird er durch eine Duplicatur (*m*): das primitive Mesenterium (Urgekrös) längs der Wirbelsäule (*w*) befestigt. Das Bauchfell ist sonach anfangs ein ziemlich einfacher Sack, in dessen Hinterwand, und zwar in der Medianlinie, der Urdarm eingestülpt ist. Das Urgekrös hat einen geraden Verlauf und theilt die Leibeshöhle in zwei gleiche Hälften; es erleidet je nach dem Wachsthum und den Lageänderungen der einzelnen Theile des Darmes verschiedene Metamorphosen. Der Theil des Darmrohres, welcher sich von der Wirbelsäule, unter gleichzeitigem starkem Längswachsthum und dadurch bedingter Bildung von Windungen, entfernt, zieht sein anfangs kurzes Mesenterium faltenförmig nach (Gekrös des Dünndarmes und des Colon transversum). Legt sich aber ein Darmstück nachträglich wieder an die Bauchwand an (Colon ascendens und descendens), so verstreicht (beim Wachsthum in die Dicke) allmälig seine Gekrösfalte und das Darmstück ist nur theilweis in das Bauchfell eingestülpt.

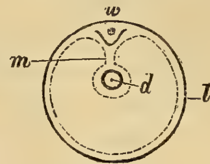


Fig. 182.

731. Netze.

Der Theil des primitiven Mesenterium's, welcher zum Magen geht, heisst Magengekrös, Mesogastrium. Dasselbe liegt, wie der Magen, vertikal und zerfällt somit in eine rechte und linke Platte. Die grosse Curvatur des Magens ist aber nach links, die kleine nach rechts gekehrt. Das Mesogastrium setzt sich an die grosse Curvatur so an, dass seine linke Platte über die vordere, die rechte über die hintere Fläche des Magens sich fortsetzt. Am oberen Ende der kleinen Curvatur vereinigen sich die Platten wieder zu einer zur Unterfläche der Leber (und zwar gegen die spätere Fossa transversa hepatis) gehenden Duplicatur: dem Ligamentum gastro-hepaticum.

Das Mesogastrium ist also anfangs ein wahres Gekrös, d. h. ein Aufhängeband des Magens; später wird es durch eine Reihe, von Joh. Müller beschriebener Metamorphosen zum grossen Netz. Da das Mesogastrium, um die grosse Curvatur des Magens zu erreichen, sich nach links wendet, so entsteht hinter dem Magen ein Beutel. Der Grund dieses Beutels muss demnach nach links gerichtet und, wie die grosse Magencurvatur, halbmondförmig gekrümmt sein; der anfangs grosse Eingang in den Beutel (die Winslow'sche Spalte) liegt rechts und zwar am unteren Theil der kleinen Curvatur des Magens; die Vorderwand des Beutels bildet der Magen, die Hinterwand das Mesogastrium.

Nun dreht sich der Magen quer. Indem die grosse Curvatur allmälig zur unteren wird und der Pylorus sich erhebt, verändert auch das Mesogastrium

seine Insertion an der hinteren Bauchwand und seine Richtung; es wird ebenfalls quer. Dadurch wird auch der Eingang in den Peritonealbeutel hinter dem Magen immer enger (Foramen Winslowii). Der Mesogastriumbeutel verlängert sich alsdann, von seiner Insertion an die grosse Magencurvatur aus, sackförmig nach abwärts; dadurch entsteht der Beutel des grossen Netzes, das, wie man sieht aus 4 Platten zusammengesetzt ist, die später verwachsen. Das Colon richtet sich immer mehr bogenförmig, nach aufwärts; dadurch kommen die Insertionen des Mesocolon transversum und des grossen Netzes einander immer näher. Im vierten Monat verwächst endlich der obere Theil der Hinterwand des Netzbeutels mit dem Mesocolon transversum (Meckel).

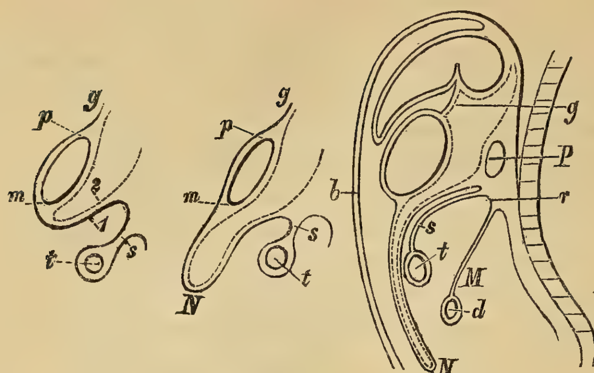


Fig. 183. Fig. 184. Fig. 185.

Senkrechte Durchschnitte von vorn nach hinten. Fig. 183: Mesogastrium nach erfolgter Querdrehung des Magens. Fig. 184. Bildung des grossen Netzes. Fig. 185. Definitiver Zustand.

1 untere, *2* (punktirt gezeichnet) obere Platte des Mesogastrium. *m* grosse, *p* kleine Curvatur des Magens. *g* Ligamentum gastro-hepaticum. *s* Mesocolon transversum. *t* Colon transversum. *d* Dünndarm, *M* dessen Mesenterium (bloss in Fig. 185 angegeben). Die Wurzel des Mesenterium's zieht übrigens vor dem 2. und 3. Lendenwirbel schräg von oben und links nach unten und rechts herab). *N* grosses Netz (4 Platten, an seinem Anfang 6 Platten). *b* Vorderwand des Bauchfelles. *P* Pancreas. (Fig. 183 kann auch zur Erläuterung des der Querlegung des Magens vorangehenden primitiven Zustandes des Mesogastrium's dienen; die grosse Curvatur des Magens *m* und der Grund des Mesogastriumbeutels liegen dann links und die Zeichnung ist als horizontaler Querschnitt aufzufassen).

732. Harnwerkzeuge.

Der untere Theil der Allantois erweitert sich und wird Harnblase. Der obere in der Bauchhöhle zurückbleibende, also zwischen Harnblase und Nabel liegende Theil der Allantois: Urachus genannt, bleibt eng, um sich später ganz zu schliessen. In einzelnen Fällen erfolgt dieser Verschluss nicht und der Urachus bleibt während des ganzen Fötallebens selbst bis in den Anfang des Nabelstranges offen.

Die Allantois bildet anfangs mit dem untersten Abschnitt des Darmes eine gemeinsame Höhle, die, bei vielen Wirbelthieren Zeitlebens fortbestehende, Kloake; bald aber entsteht eine Scheidewand zwischen beiden: das Mittelfleisch, welches den untersten Theil des Darmes von dem, nunmehr Sinus uro-genitalis genannten gemeinschaftlichen Ausführungskanal des Harn- und Genitaliensystemes trennt.

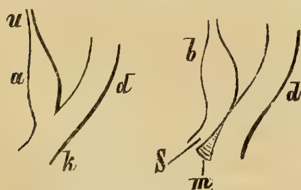


Fig. 186. Fig. 187.

k Kloake, *d* Darm, *a* Allantois, *u* Urachus, *S* Sinus urogenitalis, *m* Mittelfleisch.

Die Nieren entstehen nach den älteren Forschern selbstständig an der Innenseite der Bauchwand, nach Remak soll ihre erste Anlage beiderseits in Form einer Ausstülpung (?) der Kloake (resp. später der Allantois) geschehen. Jede Ausstülpung besteht nach Remak aus einem Kanal, dem Harnleiter; einer Erweiterung, dem Nierenbecken und mehreren von diesem ausgehenden kolbenförmigen Höhlen: den Nierenkelchen. Von letzteren sprossen sodann büschelförmig die anfangs soliden Harnkanälchen aus.

733. Uranlage der inneren Genitalien.

Die inneren Geschlechtswerkzeuge erleiden unter allen embryonalen Gebilden wohl die grössten Veränderungen während ihrer Entwickelung.

Zu den merkwürdigsten Organen des Embryo gehören die beiden, längs der Wirbelsäule liegenden Wolff'schen Körper. Sie entstehen sehr frühe und sind, da sie vom Herzen bis zum Schwanzende reichen, relativ sehr gross. Jedes dieser Organe besteht aus einem langen, oben blind endenden Gang, in welchen sehr zahlreiche, mit einem Flimmerepitel ausgekleidete Blinddärmchen ungefähr unter rechten Winkeln einmünden. Die Wände der Blinddärmchen sind sehr gefässreich und, wie Rathke zeigte, mit Bildungen versehen, analog den Malpighi'schen Gefässknäueln der Nieren. Die beiden Wolff'schen Gänge münden in (die Kloake, später) den Sinus urogenitalis. Das Secret dieser Körper ist Harn (Harnsäure ist nachgewiesen), es sammelt sich an in der Allantois. Bald aber werden diese, auch Vornieren genannten, ersten Excretionsorgane des Embryo von den Nieren überholt; sie verschwinden beim Menschen besonders früh, schon im 3. Monat, gewisse Theile jedoch finden Verwendungen zu bleibenden Bildungen.

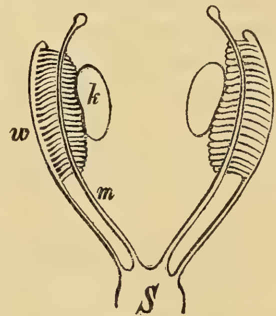


Fig. 188.
S Sinus uro-genitalis, *w* Wolff'scher Körper, *m* Müller'scher Gang, *k* Keimdrüse.

In der 6. Woche entstehen neben der Wirbelsäule, am inneren Rande der Wolff'schen Körper, die beiden Keimdrüsen von länglicher Form und ohne irgend einen wahrnehmbaren Geschlechtsunterschied. Später werden sie entweder Hoden oder Eierstöcke. Bald bildet sich jederseits ein von Joh. Müller entdeckter, neben dem Ausführungskanal des Wolff'schen Körpers herablaufender Gang, der oben geschlossen ist und unten gleichfalls in den Sinus urogenitalis mündet.

Zur Erläuterung der Differenzirung der inneren Genitalien stellen wir die Schemata beider Geschlechter schon hier neben einander.

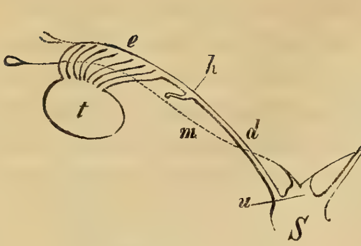


Fig. 189.

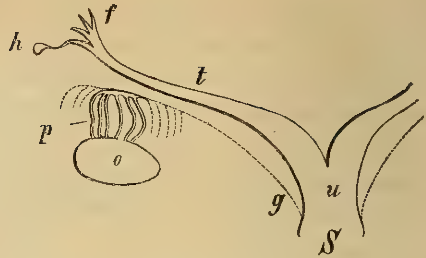


Fig. 190.

S Sinus urogenitalis. Die verschwindenden Theile sind punktirt angedeutet.
Fig. 189. Männliches Geschlecht. *t* Hoden, *e* Nebenhoden, *h* Vas aberrans. *d* Vas deferens, der frühere Ausführungsgang des Wolff'schen Körpers (*m* Müller'scher Gang), (*u* Uterus masculinus).
Fig. 190. Weibliches Geschlecht. *o* Eierstock, *p* Parovarium (*g* Ausführungsgang des Wolff'schen Körpers: Gartner'scher Canal in gewissen Species). *t* Tuba, der obere Theil des früheren Müller'schen Ganges. *f* deren Fimbrien, *h* Hydatide. *u* Uterus, als unterer Theil des Müller'schen Ganges.

734. Innere männliche Genitalien.

Bloss die mittleren Blinddärmchen des Wolff'schen Körpers erlangen eine hohe physiologische Bedeutung, sie verbinden sich nämlich mit der Keimdrüse, wachsen weiter, schlängeln sich und stellen den Kopf des Nebenhoden dar. Zugleich entstehen in der Keimdrüse die Samenkanälchen. Die oberen Blinddärmchen aber verschwinden, oder werden rudimentäre Bläschen neben dem Kopf des Nebenhodens. Die unteren Wolff'schen Blinddärmchen verschwinden ebenfalls oder entwickeln sich zu den Vasa aberrantia Halleri. Der Ausführungsgang des Wolff'schen Körpers wird, durch Weiterwachsen und Schlängelung, Kanal des Nebenhodens, in seinem unteren Theil aber Samenleiter. Jeder Samenleiter mündet in den Sinus urogenitalis; letzterer streckt sich später zum Anfangsstück der Harnröhre, alsdann münden die beiden Samenleiter am Caput gallinaginis. Durch Ausstülpung der Urethra entsteht an dieser Stelle später die Prostata und durch einen gleichen Process am Ende des Samenleiters jederseits die Samenblase.

Die Müller'schen Gänge dagegen schwinden fast vollständig. Vom oberen Theil erhält sich nach Kobelt nur ein kleines Fädchen, nebst dem zur Morgagni'schen Hydatide (des Nebenhoden) ausgedehnten Endkölbchen. Der mittlere Theil geht zu Grunde, der unterste dagegen vereinigt sich mit dem der andern Seite zur Bildung eines von Morgagni beschriebenen Bläschens: der Vesicula prostatica, das in der Mitte das Caput gallinaginis mündet. Bei einigen Thieren, z. B. Biber, kommt dasselbe zu relativ stärkerer Entwickelung und stellt dann ein förmliches männliches Analogon des Uterus dar (E. H. Weber).

735. Herabsteigen der Hoden.

In beiden Geschlechtern senken sich die, anfangs hoch oben liegenden Keimdrüsen nach abwärts; die Eierstöcke jedoch viel weniger als die Hoden,

welche im 8.—9. Monat in den Hodensack treten. Bei manchen Säugern, z. B. den Nagern, wandern die Hoden selbst vielmals; sie verlassen während der Brunst die Bauchhöhle, um nachher wieder in dieselbe zurückzutreten. Der Weg wird für den Hoden vorbereitet, indem das Bauchfell schon im 3. Monat in der Leistengegend selbstständig eine Ausstülpung bildet, welche durch die Bauchwand dringt: den Scheidenfortsatz (Processus vaginalis) des Bauchfells; die dadurch mitausgestülpte Schicht der Bauchwand wird in ihren äusseren Lagen zur Scrotalhaut, in den inneren aber Tunica vaginalis communis, welche auch Fasern der Bauchmuskulatur mitnimmt, als Anlage des M. cremaster.

Der Wolff'sche Körper liegt sammt seinem Ausführungsgang in einer gekrösartigen Duplicatur des Bauchfells; ausserdem geht vom untern Ende des Wolff'schen Körpers eine Bauchfellduplicatur gerade abwärts zur Leistengegend: das primitive Leistenband (Kölliker), an dem man eine rechte und linke Platte und einen nach vorn gerichteten Fundus unterscheidet. Auch die Geschlechtsdrüse liegt in einem Gekrös, welches bei der Weiterentwicklung des Hodens Mesorchion heisst und sich nach abwärts verlängert bis zur erwähnten oberen Insertion des primitiven Leistenbandes. Mit der Reduction und Metamorphose des Wolff'schen Körpers verschwindet dessen Gekrös, das Mesorchium aber wächst mit dem Hoden und lässt nur dessen hinteres Ende, wo die Nerven und Gefässe eintreten, frei; das primitive Leistenband heisst jetzt Hunter'sches Leitband. Dasselbe ist nunmehr ein Annex des Hodens, es besteht aus einem Strang von bindgewebigem Stroma, der in der oben beschriebenen Bauchfellduplicatur verläuft. Oben grenzt das Leitband an den Hoden, unten geht es über in den Scheidenfortsatz und zwar (auf der Aussenfläche desselben) bis zu dessen Grund; es stellt also ein flaches Band dar, welches auch in die Höhle des Scheidenfortsatzes prominirt und dem herabsteigenden Hoden seinen Weg anweist.

Nach vollendetem Descensus unterscheidet man (s. die Schemata 191 und 192) unter der Scrotalhaut (*s*): 1) die Tunica vaginalis communis (*c*); 2) den Scheidenfortsatz des Bauchfells (*p*), das äussere Blatt der Tunica vaginalis propria; 3) den unmittelbaren serösen Ueberzug *t* des Hodens, das innere Blatt der Tunica vaginalis propria. Der Canal des Scheidenfortsatzes communicirt (s. Fig. 191) mit der Höhle des Bauchfells (sodass Gedärme in den Hodensack eintreten können: angeborner Leistenbruch); er schliesst sich vollständig erst nach der Geburt und zwar vom Hoden bis zum Leistencanal, um sodann entweder als Scheidenband (Ligamentum vaginale *l*) zurückbleiben oder ganz zu Grunde zu gehen; nur der den Hoden überziehende Theil besteht als äusseres Blatt der Scheidenhaut des Hodens fort. Die Tunica vaginalis propria testis ist demnach ein förmlich abgeschnürter Theil des Bauchfelles.

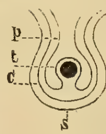


Fig. 191.

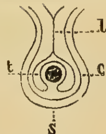


Fig. 192.

736. Innere weibliche Genitalien.

In der zum Ovarium sich umgestaltenden Keimdrüse bilden sich die Anlagen Graaf'scher Follikel. Der Müller'sche Gang wird im oberen Theile zur Tuba; nahe an seinem Ende entsteht eine Oeffnung: die Bauchöffnung der Tuba; das geschlossene Ende des Ganges wird eine kleine bleibende

Hydatide. Die unteren Enden beider Müller'schen Gänge verschmelzen (Serres, Thiersch) zu einem gemeinsamen Kanal: Scheide und Uterus; die Verschmelzung geschieht von unten her und reicht hinauf bis zum Abgang der Hunter'schen Leitbänder (der späteren runden Mutterbänder). Noch im 4. Monat ist der Uterus, wie in vielen Säugethieren zeitlebens, in 2 Hörner getheilt, von deren Enden aus die Tuben entspringen. Erfolgt die Verschmelzung abnormer Weise nicht, so entsteht ein Uterus duplex mit gedoppelter Scheide. Die Abtrennung des Uterus von der Scheide beginnt im 5. Monat.

Der Wolff'sche Körper geht beim Weib fast vollständig zu Grunde. Nur einige Blinddärmchen desselben verbinden sich mit dem Ovarium und stellen das Rosenmüller'sche Organ dar, ein in dem breiten Mutterband zwischen dem Eierstock und Eileiter im Fledermausflügel liegendes Analogon des Nebenhodens, der Nebeneierstock (Parovarium) Kobelt's. Die oberen Blinddärmchen verschwinden oder werden zum Theil kleine Hydatiden. Die Wolff'schen Ausführungsgänge gehen ebenfalls zu Grunde; bei manchen Säugern, z. B. Wiederkäuern, persistiren sie, wie Jacobson zeigte, und stellen die, physiologisch übrigens bedeutungslosen, Gartner'schen Kanäle dar.

737. Aeussere Genitalien.

In der 5. bis 6. Woche entsteht vor der Kloakenmündung ein Wärzchen, welches nach der Bildung des Mittelfleisches vor der Mündung des Sinus urogenitalis liegt. An der Unterfläche erhält das Wärzchen eine Rinne, deren beide Ränder nach rückwärts laufen und jederseits von einem Hautwulst begrenzt werden. Der Geschlechtsunterschied an den äusseren Genitalien beginnt erst im Anfang des 3. Monats.

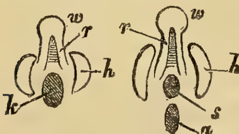


Fig. 193. Fig. 194.

w Geschlechtswärzchen (Penis resp. Clitoris). *r* Ränder der Rinne. *h* Hautwülste (Scrotum, resp. Labia majora). *k* Kloakenöffnung. *s* Sinus urogenitalis. *a* Aftermündung.

Männliches Geschlecht. Das Wärzchen entwickelt sich zum Penis; die Ränder seiner Rinne beginnen in der 10. Woche, und zwar von hinten her, miteinander zu verwachsen zur Bildung des Gliedtheiles der Harnröhre; der Sinus urogenitalis dagegen verlängert sich zum Anfangsstück der Harnröhre. Im 4. Monat beginnt am Penis die vordere Anschwellung zur Eichel; im 7. Monat entsteht, als Faltung der Penishaut, das Präputium. Die zwei Hautwülste (*h* der Figuren) wachsen einander, während der Urethrabildung, entgegen zur Bildung des Hodensackes; die mediane Vereinigungsstelle der Hautwülste wird zur Raphe scroti.

Weibliches Geschlecht. Das Geschlechtswärzchen, dessen Rinne sich nicht schliesst, bleibt relativ zurück; es wird Clitoris. Die Ränder der Clitorisrinne bleiben getrennt als die späteren kleinen Schaamlippen. Auch die seitlichen Hautwülste (*h* der Figuren) verwachsen nicht; sie stellen die grossen Schaamlippen dar. Die Clitoris erhält an ihrer Spitze nur eine kleine eichelartige Anschwellung, die durch eine präputiumförmige Falte, welche von

den kleinen Schaamlippen entspringt, theilweise gedeckt wird. Der Sinus urogenitalis bleibt kurz, als Atrium vaginae, in welches die kurze Harnröhre (Allantoisanfang) und die Vagina sammt Uterus (verschmolzene Müller'sche Gänge) münden.

Die Entwickelung der Milchddrüsen gehorcht dem Bildungsplan der übrigen Drüsen der Haut. Nach Kölliker entsteht im 4. Monat eine kegelförmge Epitelialwucherung nach einwärts, die von einer eingestülpten Cutislage überzogen wird. Der Kegel treibt später solide Sprossen, die sich weiter verästeln, kanalisiren und am Ende des Fötuslebens an ihrer Basis aus einander treten und auf der Hautoberfläche sich öffnen.

738. Rückblick auf die Genitalienentwickelung.

In ihrer ersten Anlage zeigen die inneren und äusseren Genitalien, deren Entwickelung besonders von C. F. Wolff, Tiedemann, Rathke, Joh. Müller, Kobelt, E. H. Weber und Thiersch untersucht worden ist, wenigstens in ihrem morphologischen Verhalten, eine vollständige Identität; aber auch nach den späteren definitiven Metamorphosen lassen sich, trotz aller, oftmals grossen, Unterschiede der Formen und Funktionen, noch die merkwürdigsten Analogien in beiden Geschlechtern nachweisen. Beim Weib entsteht keine Verbindung zwischen dem Geschlechtsausführungsgang (Tuba) und der Keimdrüse, wohl aber beim Mann; dagegen bildet sich beim Weib nahe am oberen Ende jenes Ausführungsganges eine Oeffnung. Die Region der Genitalien, wo Links und Rechts zusammenstossen, um unpaarig zu werden, ist beim Weib der Uterus, dessen männliches Analogon physiologisch unbedeutend ist. Beim Mann kommen dagegen mehr symmetrische Theile der äusseren Genitalien in der Medianlinie zur Vereinigung. Die folgende Tabelle soll die Vergleichung erleichtern; Theile von geringerer physiologischer Dignität oder zurückstehender morphologischer Entwickelung sind eingeklammert.

Indifferenzzustand.	Männlich.	Weiblich.
Keimdrüse.	Hode.	Eierstock.
Wolff'scher Körper. { Ausführungsgang	Samenleiter.	(Gartner'scher Canal.)
Wolff'scher Körper. { Blinddärmchen	Nebenhoden u. Vasa Halleri.	(Nebeneierstock.)
Müller'scher Gang.	ob. Theil { (Morgagni'sche Hydatide des Nebenhodens) unt. Theil { (Vesicula prostatica s. Uterus masculinus.)	Tuba und Uterus sammt Vagina.
Sinus urogenitalis.	Pars prostatica et membranacea Urethrae.	Vestibulum vaginae.
Geschlechtswärzchen.	Penis.	Clitoris.
Rinne des Geschlechtswärzchens.	Ränder des Ruthentheils der Urethra.	Labia minora.
Hautwülste d. Geschlechtsorg.	Hodensack.	Labia majora.

739. Ursachen der Geschlechtsdifferenzirung.

Das Zahlenverhältniss der männlichen und weiblichen Individuen bietet in der Thierwelt die grössten Verschiedenheiten, doch so, dass für jede Thierart dieses Verhältniss ein festbestimmtes, mit dem Begriff der Species unauflöslich verbundenes ist. Beim Menschengeschlecht kommen auf 100 weibliche nahezu 106 männliche Geburten. Diese Regelmässigkeit ist aber ein ungelöstes Problem der Physiologie. Man kann vorerst nur eine beschränkte Anzahl nicht einmal sehr eingreifender, entfernter und äusserer Ursachen aufstellen, so namentlich das schon von Aristoteles hervorgehobene Alter der Zeugenden, deren Körperconstitution (das kräftigere Individuum des Elternpaares hat eine gewisse Präponderanz, nach Girou de Buzareingues) Art der Ernährung (bessere Nahrung der Schwangeren mindert ein wenig den Knabenüberschuss, Ploss), Jahreszeiten u. s. w. Bei Erstlingsgeburten, ferner wenn die Mutter älter ist als der Vater (Hofacker) sind Mädchen relativ etwas häufiger. So gross aber auch der Einfluss der Eltern auf deren Nachkommenschaft sein kann, so sind sie doch, was die Entstehung der Geschlechter betrifft, nur von sehr untergeordneter Wirkung; bei den Fischen gehen aus einer Zeugung Tausende von männlichen und weiblichen Thieren hervor, und Zwillinge beiderlei Geschlechts sind häufig beim Menschen, wenn sie freilich nicht, wie die Wahrscheinlichkeitsrechnung fordert, in der Hälfte, sondern nur in $^1/_3$ aller Zwillingsgeburten vorkommen. Die Ursachen der geschlechtlichen Differenzirung liegen demnach viel tiefer.

740. Knochenentwickelung überhaupt.

Die Knochen, auf deren speciellere Schilderung verzichtet werden muss, zerfallen in zwei Gruppen:

I. Knorpelig präformirte Knochen. Hieher gehört die grosse Mehrzahl, nämlich 1) Wirbelsäule sammt Rippen und Brustbein, 2) die Extremitätenknochen und 3) das sog. Primordialcranium, d. h. die Knochen der Schedelbasis. Die Knochenknorpel bilden sich aus den ursprünglichen embryonalen Bildungszellen; sie sind ausgezeichnet durch ihren grossen Reichthum an Knorpelzellen. Die fertigen Knorpel zeigen bereits die wesentlichen Formen der späteren Knochen. Die Verknöcherung als körnige Ablagerung von Kalksalzen beginnt von bestimmten Stellen aus, den sogen. Ossificationspunkten, deren Zahl in den verschiedenen Knochen sehr verschieden ist (1 oder wenige, bis 16 und noch mehr). Manche Knochenknorpel bilden sich sehr frühe; zuerst die Knorpel der Wirbelsäule, Schädelbasis und die der zwei ersten Kiemenbögen; zuletzt die der Extremitäten. Die Osteose der Knorpel beginnt im Anfang des dritten Monates und zwar in anderer Reihenfolge als die Chondrose; zuerst im Unterkiefer und den langen Extremitätenknochen; zuletzt in der Wirbelsäule und den Schädelknochen.

II. Die nicht knorpelig präformirten Knochen entstehen in einer bindegewebigen Grundsubstanz (Rathke, Sharpey). Hieher gehören 1) das Schlüsselbein (Bruch), und 2) alle nicht zum Primordialcranium zu rechnenden Schädelknochen, d. h. das Dach und die Seitentheile des Hirnschädels und die Gesichtsknochen.

Sharpey und H. Müller zeigten, dass auch die Knochen der ersten Klasse niemals direkt aus Knorpeln entstehen, sondern wiederum in einer bindegewebigen Grundsubstanz, welche an der Stelle der der Aufsaugung anheimfallenden Knorpelmasse tritt. Es ist also in beiden, scheinbar so verschiedenen Fällen der Process der Osteose in allem Wesentlichen derselbe. Sämmtliche Körpertheile, welche von ihrer ersten Bildung an eine festere Grundlage bedürfen, erhalten die resistenteren Knorpel als Vorläufer der späteren Knochen.

Wegen der histologischen Charaktere der Processe der Chondrose und Osteose und der speciellen Entwickelung der einzelnen Knochen siehe die anatomischen Lehrbücher. Die hauptsächlichsten Gesichtsknochen wurden schon in 706 u. 707 kurz erwähnt; es sind hier nur die Wirbel und Hirnschedelknochen zu betrachten.

741. Chorda dorsalis.

Die Wirbelsäule und Schedelbasis bilden sich unter der Primitivrinne im mittleren Keimblatt. Zuerst unterscheidet man (bei allen Wirbelthieren) einen cylindrischen Streif, der von der Basis des Vorderhirns bis zum hinteren Ende des Rückenmarkes verläuft: die Rückensaite, Chorda dorsalis v. Bär's (c. Fig. 152). Sie besteht aus einer durchsichtigen Scheide und ziemlich grossen, innig zusammenhängenden embryonalen Bildungszellen; ihr vorderes Ende ist abgerundet, ihr hinteres zugespitzt. Die Chorda scheint vorzugsweis eine rein mechaniche Bedeutung zu haben; sie stellt in der ersten Zeit ein solides Axengebilde dar, als Stützpunkt für die Entwicklung der übrigen Embryonaltheile. Aus der, die Scheide der Chorda umgebenden Belegmasse bilden sich die knorpeligen Anlagen der Schedelbasis und der Wirbel sammt deren Bändern. Direkt also ist die Chorda an diesen Bildungen nicht betheiligt; sie geht in den höhern Wirbelthieren vollständig zu Grunde; bloss bei den Fischen hat sie eine mehr als embryonale Bedeutung und stellt ein perennirendes Gebilde dar.

Reste der Chorda können, wie das bei allen embryonalen Bildungen der Fall ist, auch nach der Geburt eine Zeit lang fortbestehen. H. Müller entdeckte solche im Steissbein, Epistropheus und Clivus.

742. Wirbelsäule.

Das Blastem zu beiden Seiten der Chorda dorsalis (das vordere Ende der letzteren ausgenommen) verdichtet sich an bestimmten Stellen sehr frühe zu kleinen, dunkelen, viereckigen, einander symmetrisch gegenüberstehenden Plättchen. Dieselben nehmen rasch an Zahl und Grösse zu; je zwei wachsen, ringförmig um die Chorda herum, einander entgegen, und stellen nach ihrer Vereinigung die bald knorpelig werdende Anlage eines Wirbelkörpers dar. Die Chorda wird dadurch immer mehr eingeengt und geht, wie bemerkt, später voll-

ständig zu Grunde. Während des Entgegenwachsens der Wirbelplättchen entstehen 1) jederseits eine entsprechende Zahl von Wucherungen in die Masse der Rückenwülste: die Anfänge der Wirbelbogen, die sich später schliessen, und 2) seitliche Ausstrahlungen: die Anlagen der Querfortsätze. Die Querfortsätze bestimmter Wirbel wuchern stärker in die Masse der Visceralplatten hinein und gliedern sich ab; der vordere Theil wird Rippe, der hintere eigentlicher Querfortsatz. In den wahren Wirbeln beginnt die Verknöcherung etwas früher in den Bögen (12. Woche), als in den Wirbelkörpern; umgekehrt verhalten sich die falschen Wirbel. Das Steissbein ist beim Neugebornen noch knorpelig.

Ueber die Einzelheiten namentlich der Verknöcherung und über die Deutung der 2 obersten Wirbel — der Zahnfortsatz des Epistropheus, durch welchen die Chorda dorsalis geht, ist der erste Wirbelkörper, Bergmann — muss auf die Lehrbücher der Anatomie verwiesen werden.

743. Schädelknochen.

Das Primordialcranium (Rathke, Jacobson, Kölliker, Virchow), stellt eine vielgestaltige, anfangs zusammenhängende Knorpelmasse dar. Nur wenige Theile desselben, namentlich die Nasenknorpel, verharren im primitiven Zustand, während die übrigen verknöchern und (im Menschen) die Grundlage des grössten Theils des Hinterhauptbeins, des Keilbeins, Schläfenbeins (die Schuppe ausgenommen), Siebbeines und der unteren Muschel darstellen. Auch die Knorpel der Visceralbögen sind Ausläufer des Primordialcraniums.

Von besonderem Interesse sind die mittleren Theile des Schedelgrundes, deren Entwicklung einige Analogien bietet mit den Wirbelkörpern (daher der Name Schedelwirbel). Der vorderste Theil der Chorda dorsalis wird von einem Blastem umwachsen, welches die knorpelige Anlage der mittleren Theile des Schedelgrundes darstellt. Diese medianen Theile sind: 1) das Basilare occipitale, entsprechend der Pars basilaris ossis occipitis, 2) das Basilare sphenoideum posticum = Körper des hintern Keilbeins, 3) Basilare sphenoideum anticum = Körper des vorderen Keilbeins. Die Seitentheile des Occipitalbasilarknorpels sind die Gelenktheile und untere Hälfte der Schuppe des Hinterhauptsbeines. Das Hinterhauptsbein erinnert, da es zu einem Ring geschlossen ist, wenn man will, noch am ehesten an die Wirbel. Das Sphenoideum posticum giebt die grossen, das Sphenoideum anticum die kleinen Flügel des Keilbeines ab. Die beiden vorderen Basilarknochen schliessen sich also bei weitem nicht zu einem Ring, und die Ausfüllung geschieht durch Knochen, welche dem Primordialcranium nicht angehören. Alle oben nicht aufgezählten Hirn- und Gesichtsschädelknochen sind demnach nicht knorpelig präformirt.

744. Stoffwechsel im Fötus.

Die befruchtende Einwirkung des Samens giebt den Anstoss zu den chemischen Umsetzungen des Dotters, die zur Bildung der Keimhaut und der ersten Embryonalanlage führen. Diese Thätigkeiten beruhen zunächst auf regen endos-

motischen Processen der schnell sich vermehrenden embryonalen Bildungszellen; bei der Kleinheit des Raumes reicht die Endosmose vollkommen hin zur Unterhaltung des Stoffumsatzes. Der Dotter erfährt aber auch eine, relativ sehr erhebliche, Massenzunahme, indem er durch die Wand der Zona pellucida Stoffe aus den Umgebungen des Eies aufnimmt.

Mit dem Auftreten des ersten Kreislaufes werden die Bestandtheile der Nabelblase (Dotterblase) von den Nabelgefässen aufgesaugt und sodann zum Aufbau von Embryonaltheilen verwendet, wobei die endosmotische Aufnahme mütterlicher Säfte (aus der Schleimhaut des Uterus) und zwar in gesteigertem Maasse fortbesteht. Während des zweiten Kreislaufes ist die Placenta das Organ, welches die endosmotischen Wechselwirkungen zwischen dem Blute der Mutter und des Fötus vermittelt. Das fötale Capillarblut giebt Stoffe (absorbirte Gase und gelöste feste Bestandtheile) ab in das Blut der Mutter und nimmt aus letzterem welche auf.

Ueber das Maass des fötalen Stoffwechsels haben wir keine direkten Anhaltspunkte für die Säuger, wohl aber für die Vögel. Das sich entwickelnde Hühnchen findet nämlich seinen Bedarf an Eiweisskörpern, Fetten, Mineralsubstanzen und Wasser in dem Ei selbst vor (und zwar im Weissen wie im Dotter — dem sogenannten Nahrungsdotter, im Gegensatz zu dem kleinen Bildungsdotter, dem Analogon des Dotters der Säuger —). Zum Aufbau des Vogelfötus und zur Erhaltung seiner Funktionen reichen demnach relativ kleine Stoffmengen aus. Das Vogelei empfängt während der Bebrütung von Aussen atmosphärischen Sauerstoff und giebt dafür ab Kohlensäure und Wasser (von welch letzterem ein kleiner Theil im Ei selbst sich bildet. Das absorbirte O übertrifft die abgegebene Kohlensäure dem Volum nach ziemlich bedeutend. In irrespirabelen Gasen entwickeln sich die Vogeleier nicht. Die Eiweisskörper werden verwendet zum Aufbau der Organe und unterliegen in keinem auffallenden Grade einer regressiven Metamorphose; nur von den Fetten schwindet während der Bebrütung ein beträchtlicher Theil (Prout, Prevost und Morin, Baudrimont und St. Ange, Sacc).

Ob die Normen, welche für das Vogelei gelten, auch auf das Säugethier übertragen werden dürfen, muss unentschieden gelassen werden. Der Stoffwechsel im Vogelfötus ist jedenfalls gering, indem nur ein kleiner Theil der Bestandtheile des Vogeleies der regressiven Metamorphose (Kohlensäure- und Wasserbildung) anheimfällt.

745. Wärme des Fötus.

Die äussere Wärme (der Luft oder des Wassers) ist von Einfluss auf die Entwicklung der Embryonen der eierlegenden Thiere. Den Embryonen der sog. Warmblüter wird die nöthige Wärme durch die Mutter mitgetheilt und zwar beim Vogel mittelst der Bebrütung (die durch die Wärme der Brutmaschine ersetzt werden kann), beim Säugethier durch den Uterus der Mutter. Eine gewisse Wärmemenge entwickelt übrigens auch der Fötus, doch ist dieselbe nur gering.

Frische, keimfähige Vogeleier zeigen einen, freilich nur sehr schwachen, Gaswechsel (Sauerstoffaufnahme und Kohlensäureabgabe); auch haben sie dieselbe Temperatur wie das umgebende Medium, aber sie kühlen sich in der Kälte etwas langsamer ab und erwärmen sich in der Wärme nicht so schnell als nichtkeimfähige Eier (Volkmann). Die Temperatur des bebrüteten Eies hängt ab von der Wärme des Brütofens, aber sie ist doch nicht ganz ausschliesslich eine mitgetheilte; v. Bärensprung erhielt an solchen Eiern einen, die Temperatur des Brütofens (30—31° R.) um etwa ¼° übersteigenden Wärmegrad. Eine geringe Wärmeentwicklung des Vogeleies ist demnach nicht zu läugnen. Derselbe Forscher fand auch den schwangeren Uterus von Kaninchen und Hunden um fast 1° R. wärmer als den nicht schwangeren; ein Theil dieses Unterschiedes kann auf eine embryonale Wärmequelle zurückgeführt werden. Der Stoffumsatz, die Abkühlung und (wenn man absieht von der Arbeit des Herzens) die Muskelthätigkeiten sind übrigens nur unbedeutend, alles also Momente, welche die geringe Wärmebildung des Embryo erklärlich machen.

Nach Panum kann im Vogelei durch eingreifendere Temperaturänderungen während der Bebrütung die erste Entwickelung des Fruchthofes, sowie die Fortbildung des Embryo und seiner Annexaltheile wesentlich gestört werden.

746. Primäre Hirnblasen.

Die Bildung der Primitivrinne durch die sog. Rückenwülste, die Schliessung der letzteren zum Medullarrohr, dessen innere Schicht die Anlage des Hirnes und Rückenmarkes darstellt, und die Auftreibungen und Einschnürungen des vorderen Theiles dieser Markröhre, welche zur Bildung der primären Hirnblasen führen, mussten schon bei der Darstellung der embryonalen Axengebilde und der äusseren Schedelform geschildert werden. Man unterscheidet:

I. Primäre Vorderhirnblase. In ihrer Uranlage repräsentirt dieselbe, wenn man will, gewissermaassen die Höhle des dritten Ventrikels. Aus ihrer oberen und vorderen Wand wachsen alsbald zwei Bläschen hervor: das Vorderhirn; der Rest der primären Hirnblase heisst dann Zwischenhirn. 1) Das Vorderhirn ist die Grundlage der Hemisphären des Grosshirnes, der Streifenhügel und des Balkens und giebt ausserdem durch Ausstülpung die primäre Augenblase und die Geruchsnerven ab. 2) Das Zwischenhirn bildet die Grundlage der Sehhügel.

II. Die Mittelhirnblase zerfällt nicht in sekundäre Blasen; ihre Cavität stellt die Sylvius'sche Wasserleitung dar; die Markmasse wird zu den Vierhügeln (und Hirnschenkeln zum Theil).

III. Die primäre Hinterhirnblase bleibt, im Gegensatz zu den zwei anderen Blasen, am hinteren Theil ihrer obern Wand sehr dünn, sodass sie daselbst offen, d. h. nicht mit Markmasse geschlossen scheint. Sie stellt den vierten Ventrikel mit seinen Umgebungen dar. In der Mitte der Hinterhirnblase entsteht ein nach vorn vorspringender Knick, wodurch dieselbe in eine vordere Abtheilung, das sogen. Hinterhirn (die Grundlage des Kleinhirns), und eine

hintere Abtheilung, das Nachhirn (verlängertes Mark), geschieden wird. Durch Verdickung an jenem Knick entsteht die Brücke.

Diese 3, resp. 5, sowohl unter sich als mit dem Rückenmarkskanal kommunicirenden Markblasen schliessen in ihrer Höhlung eine Flüssigkeit ein. Die von Tiedemann, Meckel, Bär und Bischoff untersuchten Metamorphosen beruhen vorzugsweise darauf, dass die Blasen sich erweitern und nach bestimmten Richtungen ausbiegen (die hauptsächlichsten Hirnbiegungen sind schon 704 erwähnt); dass sie sich mehr oder weniger abschnüren und ihre Wandungen, unter gleichzeitiger Zunahme der Consistenz des Marks, verdicken, wodurch die ursprüngliche Höhlung immer beschränkter wird. Es ist nun unsere Aufgabe, den definitiven Bau des Gehirnes aus seiner allmäligen Entwicklung wenigstens in den Hauptzügen kurz abzuleiten.

747. Vorderhirn.

Aus der Vorderhirnblase entwickeln sich, wie schon bemerkt, die Grosshirnhemisphärenbläschen. Dieselben dehnen sich aus, wobei sie anfangs noch vollkommen glatt bleiben und besonders stark nach rückwärts wachsen. Gleichzeitig verdickt sich ihre Wandung immer mehr und durch vorwiegende Massenvermehrung am Boden entsteht, als halbmondförmige konvexe Anschwellung, der Streifenhügel jederseits. Im 4. und 5. Monat bedecken die nach rückwärts wachsenden Hemisphären das Mittelhirn (Vierhügel) immer mehr, um später sogar über das Hinterhirn zu wachsen. Dieses für die höheren Säugethiere, namentlich aber den Menschen charakteristische bedeutende Wachsthum der Hemisphärenblase veranlasst die Windungen derselben (v. Bär), ein im 3. Monat langsam beginnender und erst gegen Ende des Fötallebens zum Abschluss kommender Process. Die grosse Einkerbung der Hemisphärenblasen (Sylvius'sche Grube) beginnt ebenfalls im 3. Monat.

748. Zwischenhirn.

Das Zwischenhirn wächst nicht so bedeutend; an seinen beiden Seitenwänden entsteht eine starke Markablagerung, die Sehhügel, wodurch die einfach bleibende Höhle von der Seite her immer mehr zu dem in der Medianebene des Körpers liegenden, verticalen Hohlraume der dritten Hirnhöhle verengt wird. Der in der Medianlinie liegende Theil der oberen Wand des Zwischenhirns wächst jedoch weniger, d. h. er wird nicht zur Bildung der Sehhügel mit verwendet; dadurch entsteht eine Furche, die bald aufbricht, und durch welche eine Fortsetzung der Gefässhaut des Hirns eintritt zur Bildung der Plexus choroidei des 3. Ventrikels und der Seitenventrikel. Nur das hintere Ende dieses Daches spaltet sich nicht und verbleibt als Commissura posterior, woselbst auch im 4. Monat die Zirbel sich entwickelt. Jene Oeffnung des 3. Ventrikels wird aber bedeckt von dem nach rückwärts wachsenden Vorderhirn (747).

Das Vorderhirn ist (746) eine Protuberanz der oberen, vorderen Wand

der primären Vorderhirnblase: die Basis der letzteren bleibt ungetheilt und wird zum Hirntrichter, welcher demnach das eigentliche Vorderende des ursprünglichen Hirn- und Rückenmarkkanales darstellt. Der Trichter wird aber durch das starke Wachsthum der Hemisphären immer mehr nach unten und rückwärts gedrängt und erscheint somit als eine direkte Verlängerung des Zwischenhirnes nach unten.

749. Höhlen der Hemisphärenblasen des Grosshirnes.

Indem beide Hemisphärenblasen rückwärts wachsen, verlängern sich auch deren Höhlen in dieser Richtung, d. h. ungefähr horizontal von vorn nach hinten und parallel unter sich. Diese Höhlen stellen die Seitenventrikel dar. An jedem senkrechten Querdurchschnitt des Hirnes, der auch das Zwischenhirn trifft, geben die Cavitäten die Figur T, deren horizontale Linie der Grosshirnhöhle entspricht, während die verticale den 3. Ventrikel darstellt.

Beide Seitenventrikel sind aber sowohl unter sich, als vom 3. Ventrikel in einem grossen Theil ihres Verlaufs durch das Gewölbe getrennt, welches zugleich mit dem über ihm sich hinziehenden Balken gebildet wird. Die Entwickelung dieser Theile ist sehr schwierig zu beschreiben und scheint noch wesentliche Lücken zu lassen; wir folgen zum Theil der Auffassung von Bischoff. Der Anfänger kann sich, indem er der Beschreibung nachgeht, durch Tuchfalten die Vorgänge zweckmässig versinnlichen.

750. Mediane Verbindungen der Grosshirnblasen.

Wenn die primäre Vorderhirnblase an ihrer Vorderwand die beiden Grosshirnbläschen hervortreibt, so bleibt zwischen den letzteren eine senkrechte Commissur übrig, die aus Querfasern besteht. Aus der Commissur scheint sich der Balken durch folgenden Process zu entwickeln. Die Hemisphärenblasen wachsen nach rückwärts, also muss auch die Commissur nachfolgen; zuerst biegt sie sich um, wodurch das Balkenknie angelegt wird, um sodann weiter nach rückwärts, in der auch beim Erwachsenen eingeschlagenen Richtung, zu verlaufen, sodass allmälig das Zwischenhirn bedeckt wird. Dieses bis zum Mittelhirn reichende Rückwärtswachsthum des Balkens ist erst im 6. Monat vollendet. Die tiefer liegende Schicht jener (anfangs senkrechten Balken-) Commissur wird zu den aufsteigenden Säulchen des Gewölbes, die sich an die Grenze zwischen Seh- und Streifenhügel anlegen. Zugleich mit dem Balken nach rückwärts sich umbiegend, verlängern sich die Säulchen jederseits zum Körper des Gewölbs, der mit der Unterfläche des Balkens zusammenhängt. Das Gewölb bildet somit ein Septum, das die Seitenventrikel in einem Theil ihres Verlaufes trennt. Bei ihrem weiteren Rückwärtswachsen weichen aber die, früher mehr parallelen hinteren Enden des innern und untern Randes der Grosshirnblasen aus einander und nach abwärts; dadurch bekommt auch die Cavität der Hemisphärenblasen an dieser Stelle eine entsprechende Richtung, d. h. es bildet sich jetzt das un-

tere Horn des Seitenventrikels aus, im Gegensatz zum vordern Horn; erst später, mit grösserer Entwicklung des hinteren Theils der Hemisphären, entsteht eine dritte Ausbuchtung: das Hinterhorn. Jene hinteren Ränder der Hemisphärenblasen erleiden aber auch starke Verdickungen; diese Massen stellen die Ammonshörner dar, in welche die (wie gesagt nach hinten aus einander weichenden) Schenkel des Gewölbes übergehen.

Die unteren Enden der Säulchen des Gewölbes (Corpora candicantia) stellen anfangs eine einzige Masse dar; erst im 7. Monat furchen sie sich (Tiedemann).

Die Bildung des Septum pellucidum wird veranlasst, indem das Balkenknie sich stärker nach vorn wölbt. Indem nun das Balkenknie sich mehr von den dahinter liegenden Säulchen des Gewölbes entfernt, ohne sich von diesen zu trennen, zieht es gewissermaassen die Marksubstanz in Form der zwei senkrechten Plättchen des Septum pellucidum nach. Diese Auffassung erklärt wohl auch die Bildung des (sog. 5.) Ventrikels des Septum pellucidum. Die beiden vorderen Hörner der Seitenventrikel sind somit in der Medianlinie vollständig von einander getrennt. Die Säulchen des Gewölbes scheiden aber auch den 3. Ventrikel von den Vorderhörnern der Seitenventrikel; da sie sich etwas stärker wölben, als die Sehhügel, auf deren Convexität sie sich lagern, so entsteht jederseits eine kleine Spalte: die Monro'sche Lücke, wodurch der dritte mit den beiden Seitenventrikeln zusammenhängt.

751. Primäre Mittelhirnblase.

Die zu einer gewissen Zeit die höchste Stelle des Hirnes einnehmende Mittelhirnblase bleibt in ihrer Entwicklung relativ zurück und erleidet überhaupt die geringsten Metamorphosen. Sie wird allmälig von den Grosshirnhemisphären bedeckt. Durch Verdickung ihrer Wandungen wird die Höhle schliesslich auf den engen Apuaeductus Sylvii reducirt, die bleibende Communication zwischen dem 3. und 4. Ventrikel. Im 5. Monat bekommt das Mittelhirn eine Längsfurche, im 7. eine Querfurchung; damit ist die Bildung der Vierhügel vollendet. Die hauptsächlichste Verdickung erleidet aber die Vielhügelblase unten durch die Hirnstiele, welche sich auf der Basis des Gehirnes bilden.

752. Primäre Hinterhirnblase.

Dieselbe zerfällt, wie schon bemerkt, in das Hinter- und das Nachhirn, welche beide durch eine starke Einknickung von einander geschieden werden.

An der Basis des Hinterhirns entsteht jederseits durch Verdichtung ein halbrundes prominirendes Läppchen; beide Läppchen wachsen nach aufwärts (rückwärts) und einwärts und bilden, nachdem sie in der Mittellinie sich vereinigt haben, ein schmales, am hintern Rand der Vierhügelblase verlaufendes Markblatt, das die Oeffnung des Hinterhirns (den 4. Ventrikel) zum Theil überbrückt, die Anlage des Kleinhirnes. Durch stärkeres Wachsthum der Seitentheile dieses Markblattes bilden sich die Hemispären des Kleinhirnes (6. Monat), und somit der Unterschied von dem medianen Theil (dem Wurm). Die Furchungen der

Hemisphären folgen bald nach. Das Kleinhirn ist somit die obere Wand der Hinterhirnblase. Die untere Wand der Hinterhirnblase (an der Grenze zwischen Hinter- und Nachhirn) verdichtet sich und prominirt stark nach vorn: sie wird zur Brücke (Ende des 3. Monats).

Das Nachhirn bleibt oben (resp. hinten) offen; die Rautengrube und das Nachhirn überhaupt treten in der späteren Fötalzeit in ihrem relativen Wachsthum zurück. Im 3. Monat erheben sich die strickförmigen Körper, sodann die Pyramiden und Oliven.

Fig. 195.



Fig. 197.

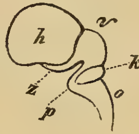
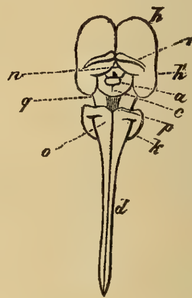


Fig. 199.



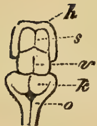


Fig. 196.

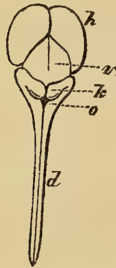


Fig. 198.

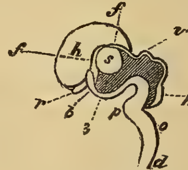


Fig. 200.

Fig. 195—200 Entwickelung des Gehirnes nach Tiedemann.

Fig. 195 7. Woche. *1* Vorderhirn. *2* Zwischenhirn. *3* Mittelhirn. *4* Hinterhirn. *5* Nachhirn. *6* Rückenmark.

Fig. 196 9. Woche; von Fig. 197 an 12. Woche. Fig. 196 und 199 untere, Fig. 197 seitliche, Fig. 198 obere Ansicht; Fig. 200 Durchschnitt in der Medianebene. *h* Hemisphären des Grosshires (in Fig. 197 über die Sehhügel gewachsen, sodass nur der untere Umfang *z* des früheren Zwischenhirnes noch sichtbar ist). *h'* (Fig. 199) gemeinsame Anlage des unteren und hinteren Grosshirnlappens (*h* bedeutet hier den Vorderlappen). *s* Sehhügel. *v* Vierhügel. *k* Kleinhirn. *p* Brücke, *o* verlängertes Mark. *d* Rückenmark.

Fig. 199. *r* Riechnerv, *n* Sehnerv, *a* Hirnanhang, dahinter *c* die noch ungetheilten Corpora candicantia. *q* Hirnschenkel.

Fig. 200. *f* Fornix. *b* Durchschnitt des noch senkrechten Balkens. *3* Dritter Ventrikel.

753. Rückenmark und Nerven.

Die erste rinnenförmige, bald zum Rohr sieh schliessende Anlage des Rückenmarks musste schon früher geschildert werden. Je jünger der Fötus, desto grösser ist im Verhältniss zum Gehirn das Rückenmark. Dasselbe füllt anfangs den ganzen Wirbelkanal aus bis zum Steisshöcker, später aber wächst der Wirbelkanal stärker. Das Rückenmark als hinterer Theil des primitiven Markrohres

zeigt ebenfalls eine, seiner Länge nach verlaufende, centrale Höhle, welche oben in den 4. Ventrikel mündet, und am untern Ende anfangs weiter ist: der sogen. Sinus rhomboidalis (perennirend bei den Vögeln). Der Rückenmarkkanal persistirt bei vielen Thieren; im Menschen stellt sein Rest den sogen. Centralkanal dar.

Bloss die Geruchs- und Sehnerven sind Ausstülpungen des Hirnmarkes; die übrigen Nerven dagegen wachsen nicht aus den Centralorganen heraus, sondern bilden sich überall, wo Organe und Gewebe sich differenziren. Kopf- und Rückenmarklose Missgeburten haben ebenfalls Nerven. Auch die Ganglien der Rückenmarksnerven entstehen nach Bidder und Kupffer durchaus selbstständig.

754. Primäre Augenblase.

Aus dem Zwischenhirn entsteht, in der 3. oder im Beginn der 4. Woche, nach Bär beiderseits eine Ausstülpung: die, relativ sehr grosse, primäre Augenblase (*a* Fig. 199), als erste äussere Spur des Auges. Die Blase entfernt sich vom Hirn etwas, jedoch so, dass sie mit demselben durch einen Stiel (*s*), den späteren Sehnerven, zusammenhängt. Beide sind von den allgemeinen Bedeckungen (wir brauchen den kurzen Ausdruck Cutis) überzogen, sowie, ähnlich den Hirnblasen, hohl und sehr bald in eine Belegmasse eingebettet, aus der die Theile der Augenhöhle, namentlich deren Wandungen sich ausbilden. Sehr frühe entsteht ein dunkeler, unten anfangs noch offener Ring; derselbe ist das Vorderende der pigmentirten Choroidea.

Die weiteren, zum Theil sehr schwierigen Metamorphosen sind ohne Präparate und Modelle nicht leicht darstellbar; wir müssen desshalb dann und wann zu schematischen Ausdrucksweisen unsere Zuflucht nehmen, um möglichst kurz zu einer richtigen definitiven Anschauung der Hauptvorgänge zu gelangen.

755. Secundäre Augenblase.

Die Cutis erleidet da, wo sie das vordere Ende der primären Augenblase überzieht (Fig. 201, *l*), wie Huschke nachwies, eine Einstülpung, sodass an dieser Stelle eine feine Oeffnung in ein kleines Blindsäckchen führt. Letzteres schnürt sich aber ab, wächst weiter und füllt seine Höhlung aus (Anfang der Linse, s. unten). Durch dieses Einstülpungsprodukt wird auch die darunter liegende primäre Augenblase in sich selbst eingestülpt (Fig. 202) und zwar bis zum vollständigen Verschwinden ihrer früheren Höhlung und der Herstellung der, eine Becherform bietenden sogenannten secundären Augenblase. Letztere ist also nichts anderes als eine Duplicatur der früheren primären Blase, deren eingestülpte Schicht Retina (Fig. 202, *r*) wird, während die nicht eingestülpte die äussere Schicht die Choroidea (*c*) darstellt.

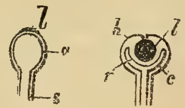


Fig. 201. Fig. 202.

Der nichteingestülpte Cutisüberzug wird Sclera (*h*); diese trennt sich erst am Ende des zweiten Monats in eine durchsichtigere Cornea und die eigentliche Sclerotica. Aus den eingestülpten Theilen entsteht das Linsensystem (*l'*)

und die noch sehr kleine Anlage des Glaskörpers (Schöler). Die vordere Halbkugel der Linse, die sich sehr bald von der Sclera abschnürt, ragt aus der Mündung der secundären Augenblase wie ein Ei aus dem Eierbecher hervor.

756. Gemeinsame Augenspalte.

Beide Schichten der secundären Augenblase, d. h. Choroidea und Retina, sowie der Glaskörper und unzweifelhaft auch die Sclerotica, zeigen anfangs eine Spalte, die vom Augenstiel nach vorn sich verlängert und fast die halbe untere Peripherie des Bulbus umfasst. Nach hinten setzt sich die Spalte auf dem Augenstiel fort. Diese, die Hauptgebilde des Auges betreffende, bemerkenswerthe embryonale Bildung hängt wesentlich mit der Entstehung der secundären Augenblase zusammen, sodass das im vorigen § schematisch Angedeutete einer kleinen Berichtigung bedarf.

Die Spalte verläuft auf der Unterseite der secundären Augenblase und des Augenstiels (Fig. 203); der Grund der becherförmigen Vertiefung (*b*) der Augenblase führt nicht in die Höhlung des Augenstiels, sondern in eine auf dem letzteren verlaufende, von Huschke erkannte Rinne *r*. In die Rinne der Augenblase senkt sich aber auch der Cutisüberzug ein, sodass selbst die Sclera anfangs gespalten ist. Die Ränder (*R*) der Spalte wachsen einander von den Seiten her entgegen, bis sie endlich zusammenstossen (Fig. 204). Im Grunde der Augenstielspalte verläuft die Centralarterie *c*; die Spaltenränder wachsen einander entgegen, während zugleich der Stiel seine Höhlung verliert. Der nunmehr solide Sehnerv schliesst in seiner Mitte die Arterie ein.

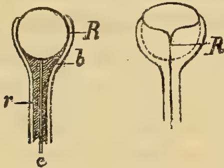


Fig. 203. Fig. 204.

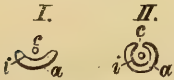


Fig. 205.

Dieser Vorgang ist in den Querschnitten I. und II. Fig. 205. schematisirt. *c* Arterie, *i* eingestülpte, *a* äussere Wand des Augenstiels.

Die Centralarterie tritt aus den Sehnerven in die Augenblase und gibt unter anderem auch eine Arteria hyaloidea ab, die in gerader Richtung zur Mitte der Hinterwand der Linse (resp. Membrana capsulo-pupillaris, s. 757) verläuft. Auf letzterer liegt der, noch im Anfang des 3. Monates ganz dünne, membranartige Glaskörper, welcher nur einen Theil der Hinterwand der Linse bedeckt. Die Arteria hyaloidea bietet ein Hinderniss für die Entwickelung des Glaskörpers in die Breite; derselbe wächst nach v. Ammon wurstförmig um das Gefäss herum; dadurch entsteht wiederum eine Rinne, die sich später schliesst bis auf den Canalis hyaloideus für das Gefäss selbst.

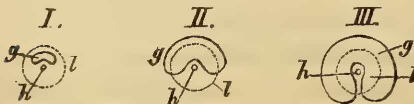


Fig. 206.

Diesen Process soll Fig. 206 andeuten. *l* Hinterseite der Linse; *g* Glaskörper, *h* Art. hyaloidea im Querschnitt. Die Rinnenbildung im Augenstiel scheint durch

die Anwesenheit der Centralarterie bedingt zu sein, um welche der sich entwickelnde Augenstiel herumzuwachsen genöthigt ist, ähnlich wie der Glaskörper.

757. Kapselgefässhaut und Iris.

Die Linsenkapsel ist anfangs genau umschlossen von einem durch bedeutenden Gefässreichthum ausgezeichneten Sack (Fig. 207, *p*). Bald zieht sich die Vorderfläche der Linsenkapsel zurück von dem Vordertheil der gefässreichen Kapselhaut und es wächst (von der 7. Woche an) in den dadurch gebildeten Raum, von dem vorderen Choroidealring aus, die Iris als membranöser Ring herein (Fig. 208, *i*). Der vor der Iris liegende Abschnitt der gefässreichen Kapselhaut zieht sich auf die Iris zurück, bleibt mit dieser im Zusammenhang und verschliesst demnach mit seinem centralen Theil das Sehloch als feine, sogen. Membrana pupillaris, während der hintere Abschnitt des Sackes Membrana capsulo-pupillaris heisst (J. Müller und Henle). Die Arterien der Membrana pupillaris kommen später von der Iris, die der Capsulo-pupillaris besonders von der Arteria hyaloidea, dem oben erwähnten Ast der Arteria centralis retinae, der durch den Glaskörper zur tellerförmigen Grube geht. Diese Gefässe verlaufen auf der Hinterwand der Kapsel, biegen aber auch auf deren vordere Wand um, welch letztere noch von dem den Umfang der Linsenkapsel umgebenden Circulus Mascagni Gefässe erhält. Die Venen der Pupillaris und Capsulo-pupillaris gehen in die Venen der Iris und Choroidea; es gibt keine Vena hyaloidea. Die Pupillarmembran verschwindet im 7. Monat; auch die Capselpupillarhaut verliert am ganzen hinteren Umfang der Linsenkapsel ihre Gefässe; die Arteria hyaloidea ist noch sichtbar im Neugebornen und obliterirt erst später.

k (Weisser Kreis) Linsenkapsel. *l* Linse, anfangs kugelförmig. *p* Gefässreiche Kapselhaut. Durch Hereinwachsen der Iris (*i*) beginnt die Scheidung in *p'*: Memb. pupillaris und *p''* Memb. capsulo-pupillaris. *g* Glaskörper (in Fig. 207 als sehr dünne Membran noch weggelassen). *o* Nerv. opticus. *s* Sclera. *a* Secundäre Augenblase, in Fig. 208 als *a'* in Retina und Choroidea geschieden.

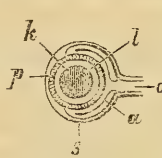


Fig. 207.

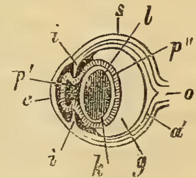


Fig. 208.

An der Bildung des Augapfels betheiligen sich also sowohl die Nervencentren als die allgemeinen Bedeckungen. Die primäre Augenblase sammt dem Stiel ist die Uranlage besonders des nervösen Theiles des Sehapparates (Retina, Nervus opticus, aber auch Choroidea), während die Sclera und die dioptrischen Apparate aus der Cutis, resp. dem äusseren Keimblatt (Remak), sich bilden.

758. Mittleres und äusseres Ohr.

Die Ohrgrube ist nichts anderes als ein perennirendes Rudiment der zwischen dem ersten und zweiten Visceralbogen befindlichen ersten Visceralspalte (708); sie communicirt demnach anfangs mit dem hintern Theil (Schlund) der allgemeinen Mundhöhle. In die allmälig weiter nach hinten und aufwärts rückende Ohrgrube wächst eine ringförmige Scheidewand herein, die sich endlich in ihrer Mitte schliesst: das Trommelfell, womit die Scheidung in die Trom-

melhöhle und den äusseren Gehörgang gegeben ist. Durch Wucherung an der Mündung des letzteren entsteht die Ohrmuschel (6. Woche); die Helixentwicklung beginnt schon in der 8. Woche. Die Trommelhöhle, als innerer Theil der früheren Ohrgrube, communicirt mit der allgemeinen Mundhöhle (Schlund) und wird an ihrem inneren Ende zur Eustachi'schen Röhre.

Im Blastem des ersten Visceralbogens entsteht ein länglicher Streif, der Meckel'sche Knorpel. Der hintere Theil desselben ist die Uranlage des Hammers und Ambos (Reichert), der vordere Theil verläuft als Meckel'scher Fortsatz, an der Innenseite des Unterkiefers. Dieser Fortsatz tritt durch die Glaser'sche Spalte (ebenfalls ein Rest der ersten Visceralspalte) in die Trommelhöhle; sein in letzterer befindlicher Theil persistirt als Processus Folianus des Hammers, wogegen der vordere, an den Unterkiefer sich anlegende Theil gegen Ende des Fötallebens allmälig schwindet. Der Steigbügel soll aus dem hinteren Theil des zweiten Visceralbogens entstehen.

Die Hörknöchelchen bieten ziemlich frühe ihre charakteristischen Formen und sind von ansehnlicher Grösse; sie ossificiren im vierten Monate; im Neugebornen sind sie fast so gross wie im Erwachsenen.

759. Primäre Labyrinthblase.

Die erste Entwickelung des Labyrinthes geht derjenigen des mittleren und äusseren Ohres voran. Schon in der dritten Woche entsteht neben der hinteren Hirnblase jederseits ein kleines Säckchen, die Labyrinthblase. Dasselbe wurde früher für eine Aussackung der hinteren Hirnblase (analog der primären Augenblase) gehalten, Huschke und Reissner zeigten aber, dass es ein Einstülpungsprodukt der äusseren Haut darstellt, also ein Analogon der Linse des Auges. Nach Remak ist bloss die äusserste (spätere epidermoidale) Schicht der Haut bei dieser Einstülpung betheiligt. Das Labyrinthbläschen mündet also zuerst nach aussen, schliesst sich aber bald, sodass ein abgeschlossenes Bläschen übrig bleibt, welches, wenn die Bildung der Visceralspalten erfolgt, im Bereich des zweiten Visceralbogens liegt. Das Bläschen ist nach Rathke die gemeinsame Grundlage des ganzen membranösen Labyrinthes, während die (vorerst knorpeligen) Umhüllungen, aus dem, dem mittleren Keimblatt angehörenden das Labyrinthbläschen umgebenden Blastem sich bilden.

760. Ausstülpungen der Labyrinthblase.

Das primäre Labyrinthbläschen treibt im 2. Monat drei halbmondförmige Falten hervor, deren jede zu einem anfangs weiten Rohr verwächst und von der primären Blase sich grossentheils ablöst: die häutigen Bogengänge. Der nicht in die letzteren aufgegangene Rest der Labyrinthblase stellt das elliptische Säckchen dar, wogegen das runde Säckchen wohl einfach von der Labyrinthblase sich abschnürt. Diese letztere bildet an einer anderen Stelle eine neue Ausstülpung: das primitive Schneckenbläschen, dessen Metamorphosen Huschke erkannt hat. Das Schneckenbläschen entwickelt sich inner-

halb einer einfachen, von einer knorpligen Wand begrenzten Höhlung. Es ist überzogen von einer bindegewebigen Hüllmembran, und hat anfangs, als einfache Ausstülpung, einen kurzen geraden Verlauf. Beim Weiterwachsen windet er sich spiralig; es gestaltet sich aber nicht etwa, wie zu erwarten wäre, zum definitiven membranösen Schneckencanal, sondern nur zur Lamina spiralis membranacea. Eine gelatinöse Masse legt sich nämlich zwischen das spiralige Labyrinthbläschen und dessen bindegewebige Hüllmembran und entfernt beide Membranen immer mehr von einander, während zugleich die Höhlung, welche alle diese Gebilde enthält, grösser wird. Die Hüllmembran wird zum Periost der Schnecke und zum Modiolus; an die Stelle der Gallertmasse tritt eine seröse Flüssigkeit, mit deren Zunahme das Schneckenbläschen allmälig platter und breiter wird, und dadurch die Scheidung in die 2 Treppenräume herstellt. Zugleich verliert das Schneckenbläschen seine Höhlung und seine Communication mit dem Vorhofsäckchen; ein Rudiment des embryonalen Canals findet sich aber nach Reissner im Spiralblatt des Erwachsenen als Canalis cochlearis. Dieser (resp. das häutige Spiralblatt) ist somit ein Analogon der häutigen Bogengänge und die Schneckentreppen gleichen den serösen Räumen zwischen den knöchernen und häutigen Bogengängen. Der Modiolus und die Lamina spiralis ossificiren erst am Ende des Fötallebens, ohne je knorpelig gewesen zu sein (Kölliker). Der Hörnerv stellt nicht, wie man früher annahm, ursprünglich eine Ausstülpung von Markmasse des Hinterhirnes dar, sondern er entsteht unabhängig und setzt sich erst nachträglich mit dem Hirn in Verbindung.

761. Geruchsorgan.

Aehnlich wie gewisse Theile des Auges und Ohres, welche sich durch Einstülpung von der Hautoberfläche aus bilden, entsteht die Uranlage des Geruchsorganes zu beiden Seiten Seiten des Kopfes in Form der primären Riechgruben (706). Zugleich wachsen aus dem Boden der primären Vorderhirnblase zwei hohle Ausstülpungen hervor: die Riechkölbchen, die Anlagen der Geruchsnerven (also Analoga der primären Augenblasen). Die Riechgruben, welche nur dem oberen Theil (Labyrinth) der späteren Nasenhöhlen entsprechen, sind anfangs ohne Communication mit der primären Mundhöhle; die Herstellung dieser Verbindung und die Verwendung des oberen Theiles der primären Mundhöhle zur Bildung der unteren Parthieen der Nasenhöhlen wurden in 707 geschildert. Die Nasenhöhlen stellen anfangs einen niederen Raum dar; die Muscheln sind noch wenig entwickelt; die Nebenhöhlen erlangen erst nach der Geburt eine erwähnenswerthe Ausbildung.

762. Funktionen des Nervensystems.

Das Gehirn des Fötus ist in starkem Massenwachsthum begriffen, dagegen können die psychischen Processe nur ganz rudimentärer Natur sein, Empfindungen, die nicht über die dunkelsten Formen eines allgemeinen Gefühlszustan-

des hinausgehen. Ueber die Beseelung des Fötus sind alle denkbaren Ansichten aufgestellt worden, deren Erwähnung nicht hieher gehört. Die Tastnerven kommen jedenfalls vielfach in Thätigkeit; welche sonstigen Sinne noch erregt werden (äussere Schalle gelangen nur schwer bis zum Fötus) ist weniger wichtig, als die Thatsache, dass die Sinnesnerven zu frühe geborener lebensfähiger Kinder sogleich functioniren.

Die zuerst sich entwickelnde und während des Fötallebens kräftig arbeitende Muskulatur ist die des Herzens. Die Anlage der übrigen Muskeln beginnt nach Kölliker, und zwar zunächst in der Rückengegend, erst gegen Ende des 2. Monates; dieselben stellen blasse, von ihren Sehnen nicht recht unterscheidbare Massen dar. Erst im 4. Monat tritt eine deutlichere Färbung der Muskeln ein. Die Mutter fühlt in der Regel etwas vor der Mitte der Schwangerschaft die Bewegungen des Kindes, die später häufiger und lebhafter, in einzelnen Fällen sogar belästigend werden. Sie sind wohl ausschliesslich reflektorischer Natur und kommen auch bei kopflosen Missgeburten vor.

763. Schicksale der Keimblätter.

Nach Pander und Bär, welchen die meisten Embryologen gefolgt sind, entwickeln sich 1) im äusseren Blatt die Nervencentren sammt deren Umhüllungen, die Sinnesorgane, die gesammten allgemeinen Bedeckungen und die Leibeswand, mit einem Wort, die »animalen« Systeme. 2) Im mittleren Keimblatt die Centraltheile des Blutgefässsystems: Herz und grosse Gefässe. 3) Im innern Keimblatt: der Darm mit den zahlreichen, aus ihm sich ausstülpenden und später zum Theil selbstständig werdenden Organen, also vorzugsweis die vegetativen Systeme des Körpers.

Diese Annahmen bezogen sich aber selbstverständlich nur auf die Uranlage der Theile und wurden niemals so gedeutet, dass z. B. in einer etwas späteren Periode die Gefässe aus dem mittleren Blatt hineinwachsen in Organe, die in den beiden andern Blättern nachträglich sich gebildet haben.

Remak kam zu folgender Gesammtanschauung: I. Das äussere Keimblatt sondert sich zunächst 1) in einen Axentheil: die Grundlage der Nervencentren und 2) einen peripheren Theil: die spätere Epidermis. Der Axentheil ist die Anlage der mannigfaltigen, physiologisch und histologisch so differenten Bestandtheile des Rückenmarkes und Hirnes, sammt den aus letzterem erfolgenden Ausstülpungen: den Geruchs- und Augenbläschen, den Grundlagen des nervösen Theiles dieser Sinnesapparate. Aus dem peripheren Theil des äusseren Keimblattes entstehen 1) die Epidermis der allgemeinen Bedeckungen, 2) die auf diesen aufliegenden Epidermoidalgebilde z. B. Nägel, 3) die innere, epidermoidale Schicht der Hauteinstülpungen (Talg-, Schweiss-, Milchdrüsen), endlich 4) der dünne, epidermoidale Ueberzug der von aussen sich einstülpenden Labyrinthhöhlen, sowie die dicken in das primäre Augenbläschen sich einsenkenden Epidermoidaltheile (Linse). Die peripheren Bezirke des äusseren Keimblattes bieten also einen bemerkenswerthen Unterschied von dem Axentheil;

sie bewahren ihren ursprünglichen, einfachen, zelligen Bau, differenziren sich nur wenig und bleiben immer gefäss- und nervenlos.

II. An dem mittleren Keimblatt unterscheidet man ebenfalls: 1) Den Axentheil: Anlage des Schädelgrundes, der Wirbelsäule und deren Muskeln, sowie 2) den peripheren Theil, zunächst die Uranlage der Wandungen der vom Vorder- bis Hinterende verlaufenden primären (allgemeinen) Leibeshöhle. In diesen Wandungen erfolgt sodann, mit Ausnahme ihres Vordertheils, die Sonderung in die definitive Leibeswand und den Urdarm, und damit die Anlage vieler, zunächst einfache Ausstülpungen des Darmes darstellender Organe. Auch das Herz und die grossen Gefässe entstehen im mittleren Keimblatt. Ob die ersten Gefässe der Nervencentren in diesen selbst sich bilden, oder ob sie aus dem mittleren Keimblatt hereinwachsen, ist noch nicht entschieden.

III. Das untere Blatt endlich bildet die Epitelialschicht des Urdarmes und seiner zahlreichen drüsenartigen Ausstülpungen, sodass also jede dieser Ausstülpungen zunächst aus einer äusseren, dem mittleren Keimblatt angehörenden, und einer innern, epitelialen Lage besteht.

Die Bildungsstätte der Körperorgane ist somit nach Remak ausser dem mittleren Keimblatt und dessen Dependenzen, nur noch der Axentheil des äusseren Keimblattes, wogegen 1) das äussere Blatt in seiner Peripherie und 2) das innere Blatt in seiner ganzen Ausdehnung (soweit beide nicht die Grenze des Fruchthofes überschreiten) zu den epitelialen Hüllen und Auskleidungen verwendet werden.

764. Physiologische Bedeutung der Keimblätter.

Die auch durch mannigfaltige Thatsachen der vergleichenden Anatomie gestützte Lehre Remak's erklärt die Metamorphosen vieler Organe einfacher und ungezwungener und verleiht diesem Theil der Embryologie ein direkteres physiologisches Interesse als die ältere Doctrin. Die Keimblätter erscheinen jetzt als fundamentalere und nachhaltiger bedeutsame Gebilde; zwei derselben bewahren sogar ihren primären, reinvegetativen zelligen Charakter. Die Physiologie hätte nunmehr die Aufgabe, die Bedeutung dieser letzteren für die Entwickelung zu erforschen, Leistungen, welche weit über den unmittelbaren Bereich dieser Gebilde hinausgehen. Ihre Hauptbedeutung wird vorzugsweis in der frühesten Zeit zu suchen sein, da 1) ihre Rolle als Begrenzungshäute, falls diese schon anfangs besteht, um so eingreifender sich geltend machen kann, je kleiner, unentwickelter und unselbstständiger die von ihnen umhüllten Organe sind; ganz besonders aber, weil sie 2) bei dem Mangel oder der noch geringen Entwickelung des Kreislaufes, Haupttransport- und Umsatzmittel des Stoffwechsels sein dürften. Diese Ansicht scheint 3) direkt bestätigt zu werden durch die von den allgemeinen Bedeckungen aus erfolgenden Einstülpungen und die vom Darm aus geschehenden Aussackungen. Die innere, das spätere Epitel repräsentirende Schicht derselben wächst stärker als die äussere, dem mittleren Keimblatt angehörende

Schicht; die letztere wird von der ersteren förmlich ein- oder ausgestülpt. Die durch Aussackungen entstehenden adnexen Gebilde des äusseren und inneren Keimblattes gehorchen demnach einem und demselben Entwickelungsgesetz, ja noch mehr, sie sind das Bestimmende und Gestaltgebende in zahlreichen Körperorganen.

Register.

Druckfehler.

§ 104, Zeile 6 von unten liess „Hautstellen“.
249a, Zeile 8 von oben, statt zufallen l. zerfallen.
357, Z. 16 von oben, statt Bewegungen l. „den Bewegungen“.
427, Z. 15 v. unten schreibe: „Cathetenflächen“ und „Hypotenusenfläche“.
428, Zeile 14 von oben statt „rechte“ l. „linke“.
428. Die beiden Parallellinien *S* der Fig. 105 sollen einander etwas näher stehen, als die beiden Parallellinien *R*.
440, Z. 30 von oben statt Farbe l. Farben.
440, Z. 9 von unten l. „wie“.